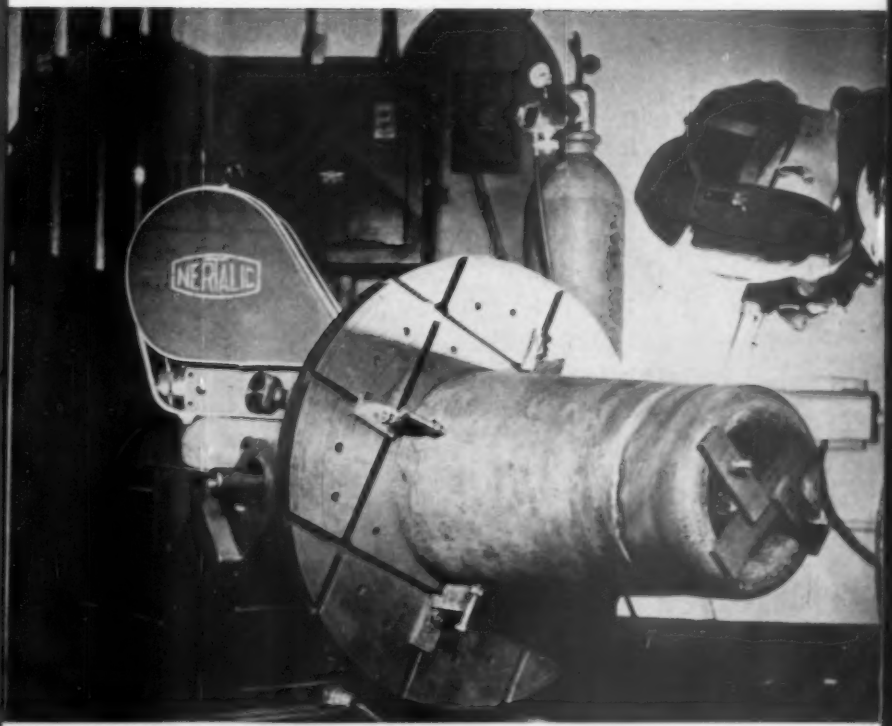
LA PRATIQUE DES INDUSTRIES MÉCANIQUES



DUNOD
PARIS

REVUE MENSUELLE
ABONNEMENTS
FRANCE 1 700 F, ETRANGER 2 200 F

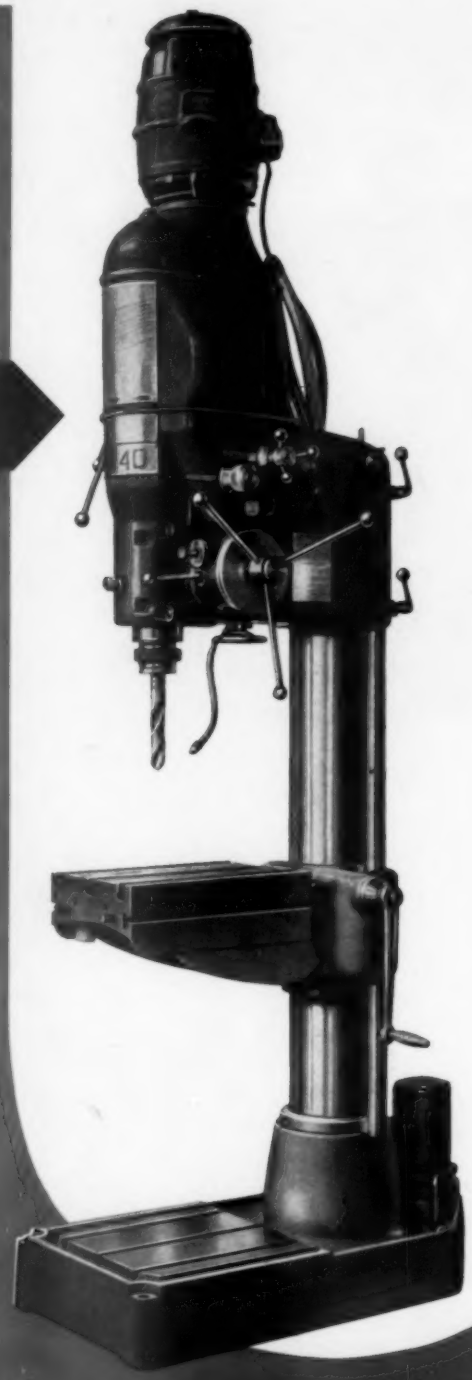
N° 2 - FEVRIER 1955

42me ANNÉE
PRIX DU NUMERO
170 FRANCS

PERCEUSE AUTOMATIQUE

REY * SAUT DU TARN

A TÊTE MOBILE



CAPACITÉ 32 ET 40 mm
12 ET 18 VITESSES

- **Construction robuste et puissante**
  = *vitesse et précision*
- **Porte-outil à démontage instantané**
  = *réduction des temps morts sauvegarde de la précision opérations en série*
- **Tête orientable**
  = *perçage des pièces encombrantes.*

REY
SAUT DU TARN

AUTRES FABRICATIONS
PERCEUSES ALÉSEUSES

FORGES ET ACIERIES DU SAUT DU TARN

60, RUE DE LA VICTOIRE · PARIS 9e · TRINITÉ 55-13

USINES A SAINT-JUÉRY (TARN) · TÉL. N° 3

OUTILLAGE CURIAL
ÉPINAY-SUR-SEINE

PEIGNES EN AR
Pour filières automatiques
COVENTRY, GÉOMÉTRIC,
PITTLER ET SIMILAIRES
OUTILLAGE CURIAL
ÉPINAY-SUR-SEINE

MANDRINS HANDY
GARANTIS : UN AN
OUTILLAGE CURIAL
ÉPINAY-SUR-SEINE

L'INTERRUPTEUR-DISJONCTEUR
CHANDOS
S'impose pour la protection des installations électriques
TYPE LUMIÈRE
pour la protection des circuits de chauffage et de lumière.
TYPE ETANCHE
pour locaux humides et poussiéreux.
TYPE FORCE pour la protection des moteurs
APPAREILLAGE ELECTRIQUE
CHANDOS
47 Rue d'ARTHELON
MEUDON (S.&O.)
Tél. 0B5. 16.40

NOS ABONNÉS SE DOCUMENTENT ENTRE EUX

Sous cette rubrique QUESTIONS ET RÉPONSES *nous publions les demandes de renseignements adressées par nos abonnés et les réponses à ces questions que d'autres abonnés seront en mesure de nous transmettre.*

Nous faisons appel à tous ceux de nos lecteurs susceptibles de répondre aux questions posées pour les prier de bien vouloir faire parvenir à la Rédaction de « LA PRATIQUE DES INDUSTRIES MÉCANIQUES », *92, rue Bonaparte, Paris (VI°), tous documents susceptibles de rendre service aux abonnés qui ont sollicité ces renseignements. Ils assureront la continuité de cette œuvre de mutualité industrielle que constitue notre rubrique* QUESTIONS ET RÉPONSES.

Les réponses de nos abonnés qui présenteraient un caractère d'intérêt plus général seront publiées sous la rubrique RECETTES PRATIQUES DE L'ATELIER.

N° 8640. — Pourrait-on nous indiquer la **méthode de rectification ou de superfinition de douilles et pointeaux d'injecteurs pour moteurs Diesel** ? - Toutes documentations et publications concernant cette fabrication ou, à défaut, traitant de petite mécanique de précision, nous intéresseraient.

R. P.

N° 8641. — Pourrait-on nous indiquer quelles firmes seraient susceptibles de réaliser le **taillage et le shaving** (ou cette dernière opération seulement) **des roues de commande.**

Ces roues seraient exécutées en acier de nitruration, la nitruration devant suivre sans retouches ultérieures l'opération de shaving.

S. F. B.

N° 8642. — Dans le calcul d'un **train d'engrenage à denture droite,** on procède à une vérification à l'usure en calculant la pression unitaire sur les flancs de la denture à l'aide de la formule :

$$K = \frac{P}{l \times m}$$

dans laquelle :

K, Pression unitaire sur la dent en kg/mm² ;

P, Effort tangentiel en kg ;

l, Largeur de la denture en mm ;

m, Module.

Les valeurs admissibles de K varient avec la vitesse circonférentielle et la nature du métal constituant l'engrenage.

Quelles sont les **valeurs pratiques admissibles pour K ?**

Ayant comparé les valeurs pratiques de K données par différents ouvrages, j'ai relevé entre elles d'importantes différences bien que partant de la même formule et des mêmes unités de mesure :

Pour un engrenage en fonte vitesse circonférentielle 1 mètre/seconde.

D'après : Eléments de Constructions à l'usage de l'Ingénieur » T IV, page 71 (Dunod) nous avons :

K = 1,75 × 0,33 = 0,5775 kg/mm²

d'après « Omaro » pour un même métal (fonte) et une même vitesse circonférencielle (1 m/s).

K = 5,65 kg/mm²

d'après le « Formulaire Technique de Mécanique générale par J. Muller (Paillart Abbeville) page 220, toujours dans les mêmes conditions que ci-dessus, même formule et mêmes unités :

K = 56 kg/mm²

Pour une autre matière constitutive donnée et une autre vitesse circonférencielle nous avons les mêmes différences.

Matière : acier spécial traité ;

Vitesse circonférencielle 5 m/s nous avons :

K = 1,25 Eléments de Constructions ;

K = 12,6 Omaro ;

K = 126 Formulaire J. Muller.

Quelles sont donc les valeurs pratiques à adopter pour K suivant la nature du métal et la vitesse circonférentielle, et d'où peuvent provenir ces écarts qui varient entre 1 à 10 et à 100 ?

N° 8643. — Pourrait-on nous faire connaître la référence de l'article original sur un « **Laminoir planétaire à chaud** », analysé dans le numéro de septembre 1954 de la revue « La Technique Moderne » ?

A. P.

N° 8644. — Nous désirerions savoir où nous pourrions trouver quelques informations sur le chromage dur d'outils et de calibres, soit dans des livres, soit dans des revues. Pourrait-on nous indiquer également quelques Maisons françaises spécialisées dans ce genre d'installations ?

M. M. M.

N° 8645. — Pourrait-on nous indiquer l'adresse du constructeur du **reproducteur électro-magnétique « Automata »,** décrit dans le numéro de décembre 1954 de « La Pratique des Industries Mécaniques » ?

P. M.

N° 8646. — Pourrait-on nous indiquer des adresses de fabricants des **dispositifs de sécurité pour grues automobiles,** décrits dans le n° 7, de juillet 1954, de la revue « La Technique Moderne » ?

N° 8647. — Pourrait-on nous indiquer l'adresse du constructeur de la **machine à rouler les tôles Boldrini,** dont la description a été donnée dans la livraison de décembre 1954 de « La Pratique des Industries Mécaniques » ?

L. B.

N° 8648. — Pourrait-on nous procurer les ouvrages suivants :

Kacmarek : « **Procédés modernes de découpage et d'emboutissage** » (Dunod 1931).

Woodworth « Emboutissage ».

Codron « Expériences sur le travail des machines-outils ».

G. B.

N° 8649. — Pourrait-on nous indiquer les adresses de quelques constructeurs de **machines à tronçonner par disques caoutchouc ?**

Ces disques tourneraient à très grande vitesse.

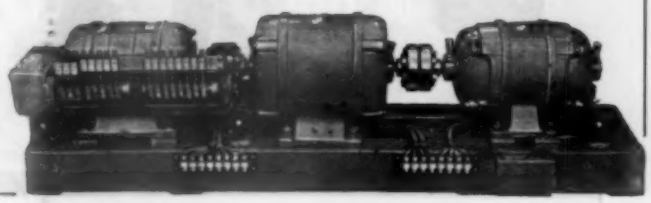
R.

(Voir la suite page IV)

CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES MINICUS

S. A. au Capital de 14.000.000 de frs - 5, rue Georges-Thoretton à GENNEVILLIERS (Seine) - GREsillons 21-13

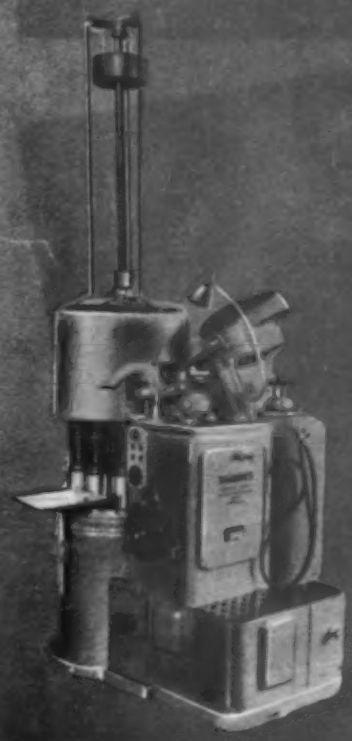
MACHINES D'APPEL et de TONALITÉ
COMMUTATRICES
GROUPES CONVERTISSEURS
GENERATRICES
ALTERNATEURS
MOTEURS UNIVERSELS
MOTEURS SPÉCIAUX

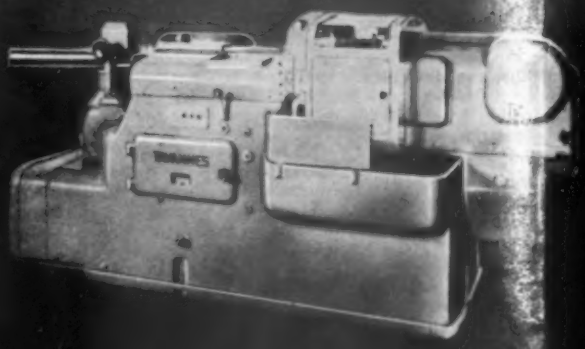


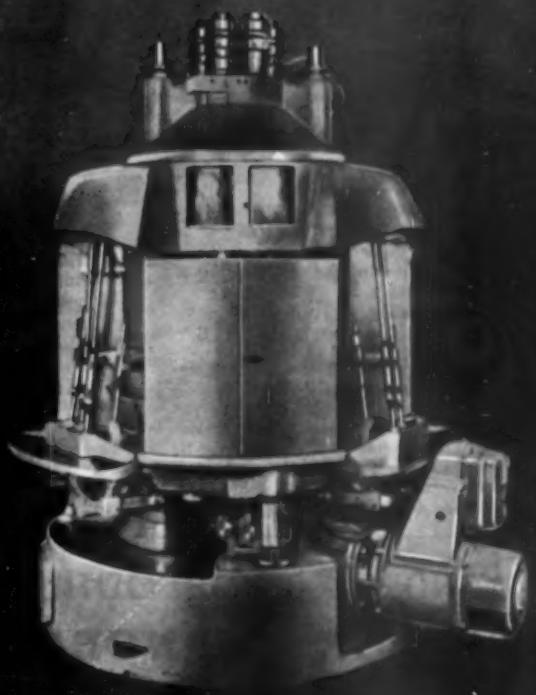
PRESSES
A MOULER
AUTOMATIQUES
POUR
MATIÈRES PLASTIQUES
THERMODURCISSABLES

TAVANNES

FABRICATION SUISSE







TOURS A DÉCOLLETER
AUTOMATIQUES
A UNE OU SIX BROCHES
POUR TRAVAIL EN BARRES OU EN MANDRINS

PAZ

AGENT GÉNÉRAL
PAUL HEILBRONNER ING. E.C.P.
55, Rue de Rivoli _ PARIS 1er CEN. 47-18

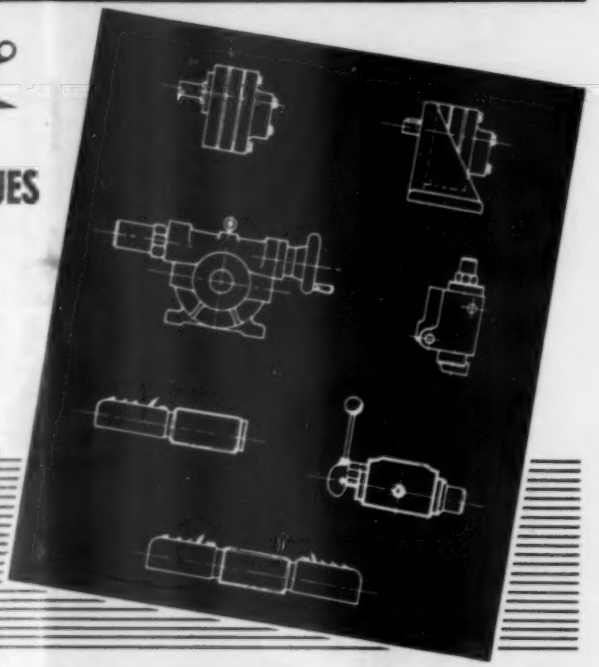
S.I.G.M.A
SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE GÉNÉRALE DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE

APPAREILS POUR
EQUIPEMENTS HYDRO-MECANIQUES

- POMPES A DEBIT CONSTANT ET VARIABLE.
- VALVES DE DECHARGE, DE REDUCTION DE PRESSION
- VALVES A 4 DIRECTIONS A COMMANDE MANUELLE OU PAR GALET.
- VALVES PILOTES, ELECTRO-VALVES A 1 OU 2 ELECTROS
- VALVES A COMMANDE HYDRAULIQUE PAR VALVES PILOTES
- VALVES MULTIPLES A ELEMENTS STANDARD
- CLAPETS, ETRANGLEURS, REGULATEURS DE DEBIT, CONTACTS A PRESSION

Projets d'équipements complets de machines avec schéma de montage

S.A. AU CAPITAL DE
400.000.000 DE FRANCS
61 Av FRANKLIN D. ROOSEVELT
PARIS VIII
TEL. BAL. 50-17 et 48-92
USINES A VENISSIEUX ET
VILLEURBANNE (RHONE)



RÉPONSES
de nos abonnés

N° 8609. — Voici l'adresse du constructeur du **reproducteur électro-magnétique « Automata »** :
Ets Alfred Herlick, 111, quai de Javel Paris (15e). R. B.

N° 8618. — Pour la **fabrication des cloches, vous pourriez** vous adresser à la **Fonderie Paccard, d'Annecy-le-Vieux (Hte-Savoie)**. MM. Paccard sont spécialisés dans la fonderie des cloches. Ils viennent de réaliser le carillon de Douai, comprenant 48 cloches, d'un poids total de 16 tonnes de cloches, d'un accord parfait qui a fait l'admiration des carillonneurs belges.

Pour la sonnerie électrique des cloches, la **Société Mamias (28-30, rue de Villemomble, à Gagny (Seine-et-Oise)** est spécialisée dans cette fabrication depuis 1927. Voici quelques-unes de ses références :

1° **Mise en volée des cloches. Mise en volée des plus gros bourdons** : Notre-Dame de Paris, le Sacré-Cœur de Montmartre (La Savoyarde), les deux bourdons de Sens, Lisieux, Sainte-Thérèse, etc...

2° **Appareils de tintement.** - Servant à la sonnerie de glas automatique, sonnerie d'heures, avec mélodies, réalisé entre autres à Douai, Avranges, Ottweiler (Sarre).

3° **Horloge monumentale**, à remontage électro-automatique, permettant toutes combinaisons possibles d'automatique, Angélus 3 fois par jour, aux heures désirées, ainsi que les Offices de Semaine et du dimanche, avec Semainier.

N° 8630. — Les **essais d'endurance par flexion rotative**, méthodes employées et résultats obtenus, sont traités dans l'ouvrage de M. Cazaud : « La fatigue des métaux », 3e édition, 1948. (Dunod, Editeur. R. C.

N° 8631. — Nous vous donnons ci-dessous quelques adresses de fabricants de

(Voir la suite page VI)

MANDRIN PORTE OUTIL FLOTTANT
"QUICK CHANGE"

à changement rapide par douilles au cône Morse N° 1 à 4, pour forets, alésoirs, porte-lames, tarauds, etc... Travaille dans les deux sens : verticalement ou horizontalement.

DEMANDEZ NOTRE NOTICE DÉTAILLÉE

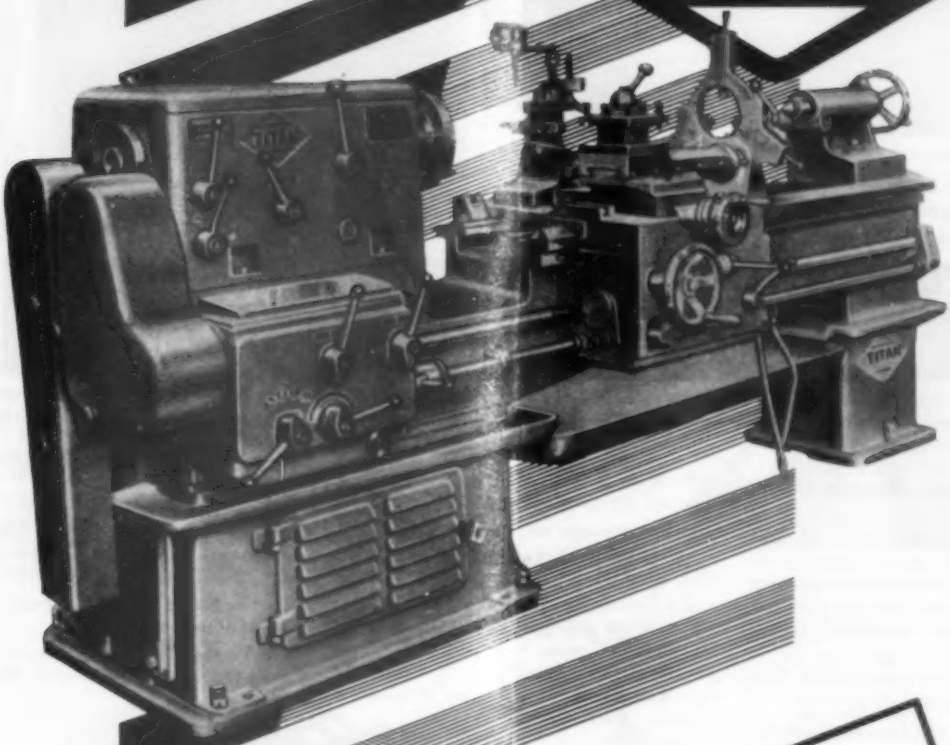
BRITISH QUICK CHANGE BRITISH

ASSOCIATION
DE CONSTRUCTEURS
BRITANNIQUES
DE MACHINES-OUTILS

160, Quai de Valmy — PARIS (9e)
Tél. : NORD 03-87 et 14-15

TOURS PARALLELES A CHARIOTER ET A FILETER

TITAN



BANC DROIT ROMPU
OU A GRAND ROMPU

Type :	Hauteur des Pointes	Entre-pointes
NS	230-250-275	1 à 3 m.
NSL	310 et 350	1,5 à 4 m.

PUBLIFIX

ATELIERS "TITAN"

Service commercial : 10 rue Pergolèse, PARIS 16e - Tél. PASsy 23-75

USINES et FONDERIES à ALBERT (SOMME)

Réponses de nos abonnés *(suite)*

perceuses pneumatiques, sans toutefois pouvoir vous garantir qu'ils fabriquent des broches ayant les caractéristiques que vous indiquez. Nous ne pouvons que vous conseiller de vous mettre directement en rapport avec eux :

Ets. Champion, 87, avenue Niel, Paris (17e).

Ets Toullec, 36, rue Lantiez, Paris-17e.

Forges et Ateliers de Meudon, 175 à 189, avenue de Verdun, Meudon (Seine-et-Oise).

Cie Ingersoll Rand, 54, rue de Londres, Paris-8e. B.

N° 8632. — Voici l'adresse de la revue anglaise « **The Engineer** » :

28, Essex Street, Strand, London W.C. 2. Angleterre). B.

N° 8633. — La Société « Les Réalisations Ultrasoniques », 9, avenue des Sapins, à Saint-Maur (Seine), fabrique des **dispositifs de télécommandes,** tels que ceux qui sont décrits dans l'étude qui a été publiée récemment, sous la signature de M. Palmé, dans la Revue « La Technique Moderne ».

N° 8635. — Nous vous donnons ci-dessous les adresses demandées :

1° Constructeur de la **machine Usimu** :

Sté Qualitex-Dunod, 3, rue de Chantilly, Paris-9e.

2° Constructeur de la **Machine Elektra** :

C.C.M. (Compagnie des Compteurs et Manomètres), 78-80, rue Bas-Rhieux, Liège (Belgique). Agent pour la France : Ste **Languepin**, 20-28, rue Toulouse-Lautrec, Paris (17e).

M. B.

N° 8636. — La Société **Klingelnberg** est représentée en France par Eximap, 96, boulevard Malesherbes, Paris-8e.

B.

N° 8637. — Voici quelques adresses de constructeurs de **machines à cintrer les tubes à froid** :

Kokker Eckold, représenté par les Ets Dufour Père et Fils, 11, rue Aspirant-Dargent, Levallois-Perret (Seine).

Hilgers, représenté par OGIM, 87, av. du Général-Leclerc, Paris-14e.

Ets Bonnamy et Fils, 5-7, impasse du Bureau, Paris-11e.

Ets Blondel, 310, route de Dieppe, Deville-Les-Rouen (Seine-Inf.)

Ets Chevalier, à Verneuil-sur-Avre (Eure).

Ets Dard, 34, rue Pérignon, Paris-15e.

Ets Métivier Lang, 42, rue Servan, Paris-11e.

Ets Sirugue et Cie, 115, avenue Michelet, Saint-Ouen (Seine).

Ets Vernet, 4, rue de Colmar, Dijon (Côte-d'Or) et 18, boulevard Magenta, Paris.

B.

N° 8638. — Voici les adresses demandées des deux sociétés italiennes :

1° **C.I.M.A.**, S.p.a. Costruzioni Italiane Macchine Ettrezzi Via G. Massarenti, 220, Bologna (Italie).

2° **O.M.A. S.A.** Costruzioni Meccaniche Via Emilia Levante, 31 Bologna (Italie).

R. B.

N° 8639. — Voici l'adresse des Etablissements Manurhin, qui construisent les **appareils Manudelta et Manubel** décrits dans la livraison de novembre 1954 de « La Pratique des Industries Mécaniques » :

Bureau de Paris : 25, rue de Lisbonne, Paris (8e).

Usine à : Mulhouse-Bourtzwiller (Haut-Rhin). L.

Dans vos fabrications il y a bien des pièces qui pourraient être faites en "ÉTIRÉ". Demandez notre documentation ou la visite d'un de nos ingénieurs

L'ÉTIRAGE
Société Anonyme cap. 30.000.000 de frs
Rue COMMANDANT-ROLLAND
LE BOURGET (Seine)
TEL. : AVIATION 10-50

OCERP

EXCELSIOR TETE UNIVERSELLE
ADAPTABLE SUR TOUR FRAISEUSE RABOTEUSE
type GM
PERCER · ALESER · RECTIFIER
POUR FRAISER
EMPLOIE DES FRAISES DE 9 A 60 mm
OUTILLAGE BAVOILLOT
S.A.R.L. CAPITAL 10.000.000 DE FRS
258, Rue Boileau LYON - Tél. M. 15-15 - 3 lignes
MAISONS DE VENTE PARIS STRASBOURG
Moteur 1 cv
10 Vitesses

Protégez-vous de la
ROUILLE
ce rongeur infatigable
avec le papier
VPI

Un simple emballage sous papier VPI met toute pièce ou matériel (stocké ou transporté) à l'abri de la rouille.

L'emballage sous papier VPI est la technique de protection la plus moderne :
- facilité d'emploi,
- protection absolue (même en présence d'humidité),
- suppression des graissages et dégraissages,
- propreté maximum,
- économie de temps et de main d'œuvre.

C'est une licence Shell Chimie.

On peut tout emballer sous papier VPI de la lame de rasoir à la carosserie de voiture.

Demandez aux PAPETERIES DE PONT AUDEMER*
59, Rue de Chateaudun, PARIS,
Tél. : PIG. 77-99
des renseignements, des références, une documentation complète et la notice papier VPI.

PAPETERIES DE PONT-AUDEMER

* OU A LEURS DISTRIBUTEURS :
à PARIS, Ets FAILLOT, 71, r. de la Chapelle, NORd 99-80
à LILLE, Ets DEROIDE & CHAUDAT, 40, rue Princesse, Téléph. 519-92
à MULHOUSE, Ets Eug. LANG, MULHOUSE DORNACH, Tél 44-32
à LYON, "LE PLASTIQUE SOUDÉ", 5, Pl. Maréchal Lyautey, LA. 28-69
à NANTES, Ets CLEMENT CHUPIN, 10, rue de Plaisance, Tél. 119-34

LES TOURS AUTOMATIQUES
6 BROCHES
Modèle 61 (A BARRES) et Modèle 65 (A MANDRINS)

SONT FABRIQUÉS EN FRANCE
ET
PAYABLES EN FRANCS FRANÇAIS

TOURS AUTOMATIQUES MULTIBROCHES
A BARRES ET A MANDRINS - ALÉSEUSES DE PRÉCISION

NEW-BRITAIN

LA PRÉCISION PERMANENTE
SPÉCIALISTE DES MACHINES DE GRANDE PRODUCTION
New-Britain Gridley Machine Division, New-Britain, Conn.(U.S.A.)

AMTEC-FRANCE
Agent exclusif

OLIVIER 263

Attention ! Nouvelle adresse : AMTEC-FRANCE - 14 et 16, Rue Montcalm, PARIS 18e - ORN. 62-05 +

Tout l'outillage

POUR LE TRAVAIL
DES ALLIAGES LÉGERS
ET ULTRA-LÉGERS

PERCEUSES SENSITIVES
Capacité jusqu'à 4[illegible] mm
- d'établi
- sur colonne
- têtes de perçag[illegible]

TARAUDEUSES SENSITIVES
Capacité jusqu'à 1[illegible] mm

PERCEUSES-FRAISEUSES
Cône Morse : 2
A chariot à 2 déplacements

MACHINES A AFFUTER LES FORETS
Capacité : 3 à [illegible] mm
30 à [illegible] mm

O.T.A.L.U.
« Outillage pour le Travail des Alliages Légers et Ultra-légers »

Nos fabrications pour alliages légers
- Machines-outils
- Outillages coupants
- Produits et matériels de soudure
- Produits et matériels de fonderie
- Filets rapportés "HELI-COIL"
- Rivets "RIV-CLÉ"

Bureaux et Magasins
23, Bd RICHARD-LENOIR · PARIS-XIe · TÉL. VOLTAIRE 10-84
AGENCE COMMERCIALE, 68 COURS GAMBETTA - LYON - PARMENTIER 21-97

Regardez de près une meule à concrétion diamantée...

le nombre de Carats est indiqué: c'est une MEULE DIAMANT BOART.

1 *Atelier de fabrication.*

2 *Atelier de montage.*

3 *Stand d'essais.*

AUTRES PRODUCTIONS

Pour les industries du verre, céramique, pierre, marbre, réfractaires, optique, etc...

Disques à scier - Forets à percer - Fraises Perceuses Débiteuses.

Dans l'industrie mécanique, l'emploi des Meules diamantées DIAMANT BOART

Assure:

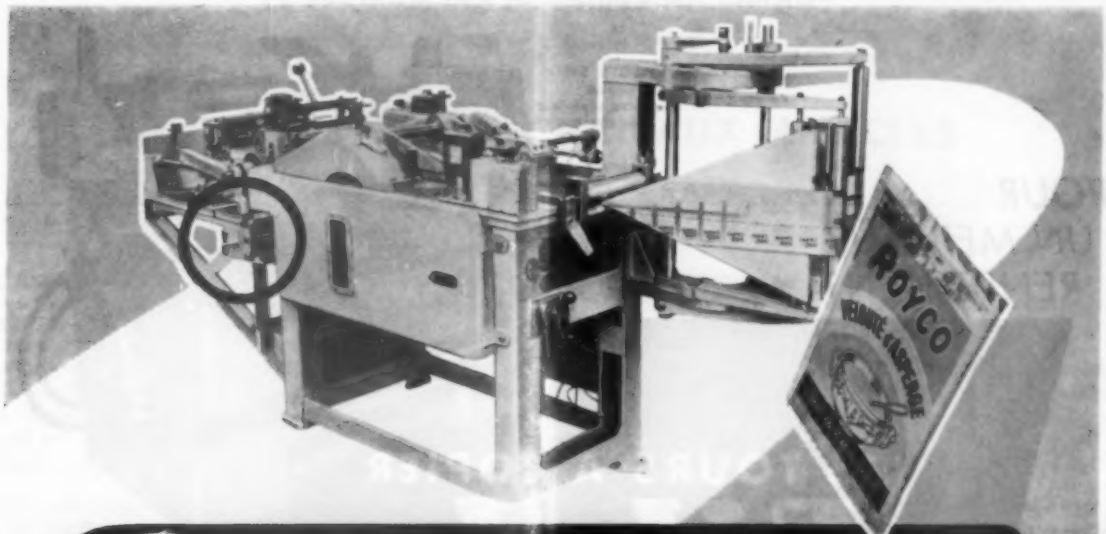
Une teneur en diamants avec un caratage garanti,

la présence de diamants broyés, sélectionnés, rigoureusement classifiés et débarrassés de tous déchets de broyage.

Une concrétion diamantée d'une homogénéité totale assure un rendement et un usage remarquables.

DIAMANT BOART possède, dans ses usines de Bruxelles, des moyens de production ultra-modernes.
Ses laboratoires de recherches et d'essais, ses ateliers de frittage, de fabrication et un contrôle de haute précision, lui assurent, depuis 1937, une réputation mondiale.
Affiliée à la Société Minière du Congo Belge, DIAMANT BOART est à la source du "Crushing-Boart" (95 % de la production mondiale).

Distributeur exclusif des poudres et mesh de diamant de la DIAMOND ABRASIVES PRODUCTS JOHANNESBURG (S.-A.)



Problème de commande difficile ...

avez-vous songé à l'électro-aimant ?

Voici un cas typique - Regardez la machine ci-dessus: c'est une machine à sceller des paquets de potage.

Les étiquettes sont imprimées en bandes continues. Il s'agit de couper et sceller les paquets de telle sorte que l'illustration soit toujours parfaitement centrée ; or, les machines à imprimer en continu ne peuvent assurer une régularité absolue. Une variation, même infime de l'ordre de 1/10 de mm, se traduirait, au bout de quelques centaines de sachets, par un décalage tel que la coupe serait au milieu de l'étiquette.

Le réglage de la position exacte est obtenu par visée à l'aide d'une cellule photo-électrique. A chaque passage précis de l'image, un relai est actionné qui entraîne 2 électro-aimants lesquels commandent le débrayage du mécanisme d'avancement et cela à la cadence de **5.400 coups à l'heure.**

Chaque fois que vous avez un problème de commande, pensez donc à l'électro-aimant. Il apporte souvent une solution simple, économique et sûre.

mais exigez un ELECTRO-AIMANT qui a fait ses preuves un électro-aimant

MECALECTRO

119 AVENUE ARISTIDE-BRIAND ET 1 RUE THALHEIMER
MONTROUGE • TELEPHONE : ALESIA 60-60

OCERP 1A

PILOTE 510
équipé
d'un bras supérieur
à un chariot

POUR
UN MEILLEUR
RENDEMENT

LES TOURS A COPIER
Pilote
A CYCLES AUTOMATIQUES

appliquent
"LA FORMULE MIXTE"
en utilisant plusieurs outils

PILOTE 760
équipé
d'un bras supérieur
à deux chariots renforcés

H. ERNAULT-BATIGNOLLES
DÉPARTEMENT MACHINES-OUTILS DE BATIGNOLLES-CHATILLON
169, RUE D'ALÉSIA. PARIS 14e - LECOURBE + 61-50

PUBLICITÉ S.O.P.

LA PRATIQUE DES INDUSTRIES MÉCANIQUES

t. XXXVIII, n° 2 (février 1955)

ANALYSES DES PRINCIPAUX ARTICLES

LE SOUDAGE PAR ÉTINCELAGE, par **E. Chapellier,** Ingénieur des Arts et Métiers. **La Pratique des Industries Mécaniques, t. XXXVIII, n° 2 (février 1955), p. 29.**

Le principe du soudage par étincelage étant rappelé, M. Chapellier décrit les divers types de machines réalisées (manuelles, semi-automatiques et automatiques) et indique les règles à observer pour la conception des assemblages soudés par étincelage.

Enfin, une importante partie de l'article est constituée par de nombreux exemples d'application de ce procédé dans les industries les plus diverses : forge, laminoirs à froid de tôles et feuillards, fabriques de tubes soudés, chemins de fer, industrie mécanique, industrie automobile et aéronautique, serrurerie, travaux publics. Ces exemples sont illustrés de croquis.

SPARK WELDING, *by* ***E. Chapellier,*** *Ingénieur des Arts et Métiers.* ***La Pratique des Industries Mécaniques, t. XXXVIII, n° 2 (February 1955), p. 29.***

After a reminder on the principle of spark welding, Mr Chapellier describes the various types of machines which have been developed (manual, semi-automatic, and automatic) and indicates the rules to be observed for the designing of spark welded assemblies.

Quite a long part of the article is made up of examples on the application of this process in a variety of industries : forging, cold rolling of sheet and strip metal, manufacture of welded tubing, railways, mechanical industries, automobile and aviation industry, locksmithing and civil engineering. These examples are illustrated with drawings.

VÉRIFICATION DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS A DENTURE EN DEVELOPPANTE, par **B. Boumard,** Ingénieur à la Société française de Constructions mécaniques. **La Pratique des Industries Mécaniques, t. XXXVIII, n° 2 (février 1955) p. 41.**

L'auteur donne les relations générales déterminant les éléments de vérification (Ecartement sur k dents — Epaisseur de la dent à la corde — Hauteur corrigée de cette corde) en fonction des caractéristiques de la denture (nombre de dents, angle de pression, dimensions), compte tenu du jeu entre dents et de la correction de denture adoptés.

CHECKING INVOLUTE-TOOTH STRAIT CYLINDRICAL GEARS, *by* ***B. Boumard,*** *Ingénieur à la Société française de Constructions mécaniques.* ***La Pratique des Industries Mécaniques, t. XXXVIII, n° 2 (February 1955), p. 41.***

The author gives the general formulas determining the elements to be checked (spacing for k teeth — chordal thickness — corrected height of chord) as a function of tooth characteristics (number of teeth, pressure angle, size) taking into account backlash and tooth correction adopted.

ACCIDENTS DE TREMPE DES ACIERS A OUTILS, par **G. de Smet,** Chef des Traitements thermiques à la Compagnie Générale de Moteurs, Professeur de Métallurgie à l'E.S.P. de Lille. **La Pratique des Industries Mécaniques, t. XXXVIII, n° 2 (février 1955), p. 46.**

Les principaux points développés dans l'article sont les suivants : Risques de trempe — Condition d'emploi des aciers à outils — Préparation de l'acier — Egalisation des tensions — Surchauffe et décarburation — Autres défauts de trempe — Tapures — Amorces de tapures — Distorsions et redressage — Criques après rectification — Affûtage — Le trempeur d'outillage.

MISHAPS IN THE QUENCHING OF TOOL STEELS, *by* ***G. de Smet,*** *Chef des Traitements thermiques à la Compagnie Générale de Moteurs, Professeur de Métallurgie à l'E. S. P. de Lille.* ***La Pratique des Industries Mécaniques, t. XXXVIII, n° 2 (February 1955), p. 46.***

The principal points developed in the article are the following : quenching hazards — conditions of use of tool steels — preparation of steel — equalizing of stresses — superheating and decarburation — other quenching defects — internal fissures — begining of internal fissures — distortions and straightening — cracks after grinding — sharpening — the tool quencher.

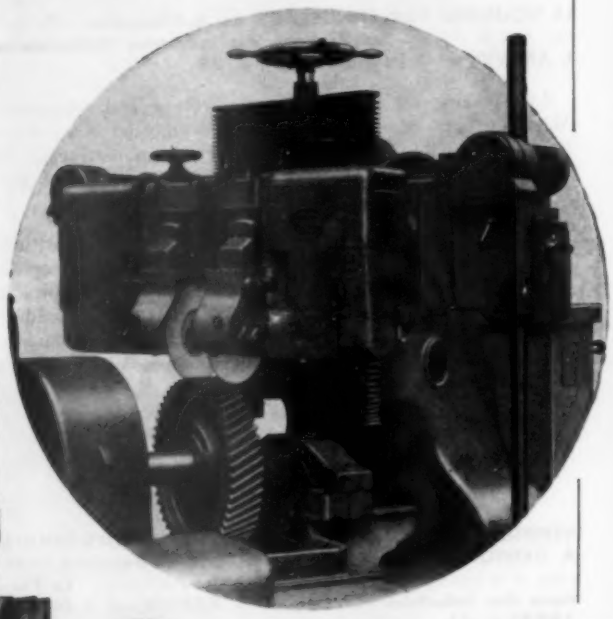
MAAG

Machines à tailler les engrenages
droits et hélicoïdaux jusqu'à 5000 mm de diamètre

Machines à rectifier les engrenages
droits et hélicoïdaux jusqu'à 3600 mm de diamètre

Appareils à vérifier les engrenages

Contrôle d'une roue à denture droite à l'aide de l'appareil à contrôler le profil des dents, type F-100.



Machine HSS-60 /80 B pour la rectification d'engrenages droits et hélicoïdaux avec dispositif de correction du pied et de la tête du profil de dent.

Taillage d'un pignon arbré à gros module sur machine MAAG, type SH-350 à l'aide du porte-outil réglable en hauteur et d'un outil à une dent.

S. A. DES ENGRENAGES MAAG ZURICH, SUISSE

Société Française de Représentation — PARIS-17e - 38, Rue Jouffroy

TOME XXXVIII N° 2 FÉVRIER 1955

LA PRATIQUE DES INDUSTRIES MÉCANIQUES

REVUE PRATIQUE DE L'INDUSTRIEL, DU DIRECTEUR D'USINE ET DE L'INGENIEUR

Créée en 1913

RÉDACTEUR EN CHEF: GEORGES LEVY ✱ ✠, Ingénieur des Arts et Manufactures

COMITÉ DE RÉDACTION

J. BERGERE, Ingénieur des Arts et Manufactures ; Chef de la section des études des engrenages à la Société Hispano-Suiza.

A. BUISSON, O.✱ Directeur général de l'Enseignement Technique.

R. CAZAUD, Ingénieur C. N. A. M. ; Docteur de l'Université de Paris.

P. DUBOIS, Docteur ès-sciences chargé de cours à l'Institut de Chimie de Caen ; Directeur du Centre d'Etude des Matières plastiques.

A. DUMAS, ✱ Ingénieur des Arts et Manufactures ; Directeur général de l'Aluminium Français.

F. EUGENE, Ingénieur Principal des Fabrications d'Armement ; Chef de la Section de Mécanique Industrielle au Laboratoire Central de l'Armement.

FIEUX, O.✱ Ingénieur des Arts et Métiers ; Ancien Président de la Société des Ingénieurs des Arts et Métiers ; Ancien Président des Ingénieurs Civils de France.

A. FOUILLE, Ingénieur I. E. G. ; Licencié ès-sciences ; Professeur d'électrotechnique dans les Ecoles Nationales d'Arts et Métiers.

A. KAMMERER, Ingénieur des Arts et Manufactures ; Docteur ès-sciences ; Professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures ; Ingénieur aux Laboratoires de Mécanique de la S. N. C. F.

M. EDOUARD-LAMBERT, O.✱ Ancien Président du Syndicat Général des Industries Mécaniques et Transformatrices des Métaux.

LE BRETON, Ingénieur des Arts et Métiers ; Ancien Chef de Service d'Outillage, Professeur technique des Ecoles d'Arts et Métiers.

LEROY, Ingénieur E. P. C. I. ; Directeur de l'Office central de la Soudure et Institut de Soudure.

A. LE THOMAS, O.✱ Ancien Elève de l'Ecole Polytechnique ; Ancien Ingénieur du Génie Maritime ; Directeur général du Centre Technique des Industries de la Fonderie.

A. R. METRAL, O.✱ Professeur de Mécanique au Conservatoire National des Arts et Métiers et à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Armement ; Président du Syndicat Général des Industries Mécaniques et transformatrices des Métaux.

P. MORISSET, Anc. Elève de l'Ecole Polytechnique ; Direct. du Centre d'Information du Chrome Dur.

P. NASLIN, Ingénieur Militaire de l'Armement.

P. NICOLAU, O.✱ Ingénieur Général de 1re Classe des Fabrications d'Armement ; ancien Directeur du Laboratoire Central et des Ecoles de l'Armement ; Directeur de l'Institut Supérieur des Matériaux et de la Construction Mécanique.

J. PETRI, Ingénieur des Arts et Manufactures ; Ingénieur en chef de la Société Anonyme des anciens Etablissements Ch. Berthiez.

A. PLU, Ingénieur des Arts et Métiers ; Ingénieur en Chef à la S. N. C. F.

V. POMPER, Ingénieur E. P. V. ; Ingénieur-Conseil en machines-outils.

A. SOURDILLON, ✱ Ingénieur des Arts et Manufactures ; Maître de Conférences de Métallurgie et de Traitements Thermiques à l'Ecole Centrale.

PARAIT LE 10 DE CHAQUE MOIS

PRIX DU NUMÉRO : 170 F

ABONNEMENTS
FRANCE : 1 700 F ÉTRANGER : 2 200 F

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 30 francs en timbres poste

ÉDITEUR DUNOD PARIS
92, RUE BONAPARTE

CHÈQUES POSTAUX PARIS 75-45

TÉLÉPHONE
RÉDACTION : DANTON 05-22
ADMINISTR. : DANTON 99-15
PUBLICITÉ : DANTON 05-22

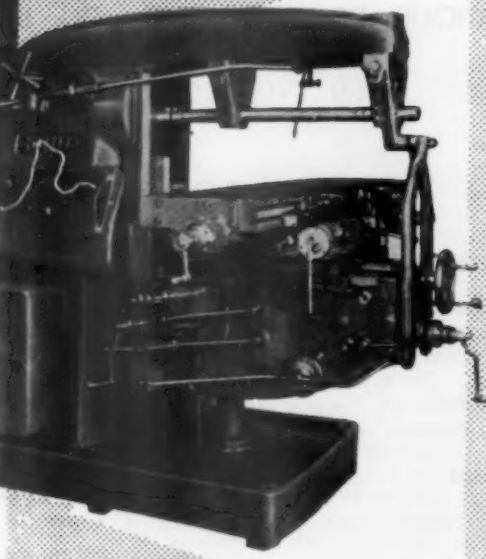
fraiseuses 4B

22 CV

changement automatique

des vitesses et avances

cycle automatique
du mouvement de la table



UNIVERSELLE FH 4B

VERTICALE FV 4B

ATLANTE 5 0 7 4

SOMUA

41, AVENUE HOCHE, PARIS

AFMO

SERVICE COMMERCIAL DE VENTE

63, RUE LA BOÉTIE - PARIS - TÉL. ÉLY. 30-40 - 30-41

7409

LA PRATIQUE DES INDUSTRIES MECANIQUES

T. XXXVIII FÉVRIER 1955

SOMMAIRE

Le soudage par étincelage, par E. CHAPELLIER, Ingénieur des Arts et Métiers (p. 29).

Vérification des engrenages cylindriques droits à denture en développante, par Bruno BOUMARD, Ingénieur à la Société française de Constructions mécaniques (Anc. Ets Cail) (p. 41).

Laminoir planétaire pour le laminage à chaud des feuillards d'acier (p. 45).

Accidents de trempe des aciers à outils, par G. de SMET, Chef des Traitements thermiques à la Compagnie Générale de Moteurs, Professeur de Métallurgie à l'E. S. P. de Lille (p. 46).

Dispositif de dépoussiérage de l'air à grand rendement (p. 51).

Echantillon de rugosité superficielle, par A. MIRAU (p. 52).

Quatrième Exposition européenne de la Machine-Outil. Le matériel présenté (suite et à suivre). — Sigma (p. 53). — Somaco (p. 53). — Renault (p. 54). — La Précision Moderne (p. 54).

Recettes pratiques de l'atelier : Formage par étirage rotatif (p. 55). — Emploi d'une chaîne de bicyclette pour tourner les mors d'un mandrin de tour (p. 55). — Une bille permet de situer un centre pour percer un trou dans une partie cylindrique (p. 55). — Dispositif pour couper le fil électrique à longueur réglable (p. 55). — Empochement favorisant l'allongement pour le cintrage (p. 56). — Outil à poinconner des trous en forte épaisseur (p. 56).

***La photographie de la couverture représente une opération de soudage en atmosphère d'argon, par le procédé Nertalic, sur une tuyère de haut-fourneau en cuivre** (voir p. 56).*

Tous droits de reproduction, même partielle ou sous forme condensée, réservés

SOUDAGE

LE SOUDAGE PAR ÉTINCELAGE

Le soudage par rapprochement est un mode d'assemblage de deux pièces, bout à bout, sans apport de métal, qui fait appel au courant électrique pour le chauffage et à l'application d'un effort sur les pièces, pour le forgeage.

Le soudage par résistance est la forme la plus ancienne du soudage bout à bout, il a été utilisé le premier, industriellement, à la fabrication des chaînes, puis de fils et de différentes pièces simples et de sections ramassées : Barres rondes, carrées, etc...

Le soudage par étincelage est apparu ensuite et l'a remplacé dans la plupart des applications ; il permet, en outre l'assemblage des pièces minces, de tubes, de profilés.

Ce procédé est une variante du précédent, il diffère de celui-ci par une période de chauffage, dite par « étincelage », c'est-à-dire, avec expulsion de métal fondu en dehors du joint, qui précède le forgeage final des pièces à souder. M. E. Chapellier, Ingénieur des Arts et Métiers, en expose ci-dessous le principe et les applications.

PRINCIPE DU SOUDAGE PAR RESISTANCE ET DU SOUDAGE PAR ETINCELAGE

La figure 1 représente schématiquement une machine à souder en bout. La partie mécanique se compose essentiellement de deux étaux serrant les pièces à souder, dont l'un, mobile, est guidé par un chariot et commandé par un système mécanique de déplacement et de refoulement des pièces sous forte pression.

Un transformateur, abaisseur de tension, est capable de débiter une très grande intensité, variant de 3 000 à 100 000 A et plus, suivant l'importance des machines, sous une faible tension (2 à 15 V et plus) ; il est branché au primaire sur le réseau par l'intermédiaire d'un interrupteur et d'un commutateur relié à des prises, sur le bobinage primaire. Son secondaire, à une seul spire, est relié aux deux étaux dont au moins une des mâchoires est en métal bon conducteur de l'électricité : Cuivre ou alliage de cuivre.

Ces éléments principaux sont semblables dans toutes les machines à souder par rapprochement, soit par résistance, soit par étincelage, mais le mode opératoire diffère sensiblement pour les deux procédés.

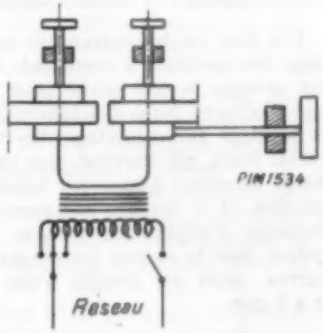


Fig. 1. — Schéma d'une machine à souder par rapprochement.

Pour souder par résistance, on exerce, d'abord, un effort sur les pièces pour les mettre en contact par leurs extrémités, puis on fait passer le courant qui, en vertu de la loi de Joule, échauffe le métal placé entre les électrodes et surtout le joint dont la résistance électrique est prépondérante par rapport à celle des pièces.

Lorsque le joint est à température de forgeage, on refoule brusquement sous une forte pression et l'on coupe le courant. Le bourrelet de soudure obtenu est assez volumineux, sa section est arrondie, de forme allongée, et régulière.

Pour souder par étincelage, le courant est d'abord établi, puis les pièces sont approchées lentement, de façon à établir un contact imparfait entre leurs extrémités. Le courant se concentre dans les aspérités en contact qui chauffent et sont volatilisées presque instantanément. Le mouvement de rapprochement est continué à une vitesse bien déterminée, de façon à mettre successivement en contact de nouvelles aspérités qui sont fondues à leur tour et expulsées au dehors par effet magnétique, sous forme d'une gerbe d'étincelles.

Le nombre de contacts augmente au fur et à mesure, ils s'étendent bientôt à toute la surface du joint qui se recouvre d'une pellicule de métal fondu, et chauffent progressivement les deux extrémités des pièces. La vitesse d'avance du chariot doit être accélérée pour que la gerbe d'étincelles devienne de plus en plus fournie.

Enfin, l'opération de soudage se termine par un refoulement rapide sous forte pression et par la coupure du courant au début du forgeage.

Le bourrelet obtenu est de forme irrégulière et son pourtour présente deux lèvres crevassées de métal oxydé, réparties de part et d'autre du plan de soudure. Ce métal brûlé, très cassant, est facilement ôté au marteau ; il laisse alors apparaître un bourrelet étroit de métal sain, à section triangulaire, et dont le volume est beaucoup moins important que le bourrelet obtenu en soudage par résistance.

Le soudage par étincelage peut être précédé d'une phase de préchauffage et suivi, quelquefois, d'une phase de post-chauffage appelée souvent « recuit ».

Le préchauffage est réalisé, soit par effet Joule — comme dans le début de l'opération de soudage par résistance simple, — soit par des périodes alternées de chauffage par effet Joule et d'arrêt, précédées de périodes réduites d'étincelage, se terminant toujours avant le refoulement par une phase continue d'étincelage. C'est le soudage dit par « approches et reculs » successifs du chariot.

Ces deux modes opératoires sont employés pour le soudage sur machines à commande manuelle, mais le dernier est presque le seul utilisé pour le soudage sur machines automatiques. Nous distinguerons, dans la suite de l'article, le soudage par étincelage direct, amorcé en partant du métal froid, qui convient plus particulièrement à l'assemblage de pièces d'épaisseur faible comme les tôles, tubes, profilés, et le soudage par approches et reculs qui a pour domaine d'application presque exclusif l'assemblage de pièces dont la section est concentrée, telles que les ronds, carrés, plats ou profilés d'une épaisseur minimum de 5 à 6 mm.

Examinons maintenant plus en détail, les différentes phases du soudage par étincelage.

1° L'étincelage

L'étincelage a pour effets : Le chauffage des pièces, le dressage des surfaces à souder et le forgeage dans un milieu non oxydant.

a) Chauffage des pièces

On admet généralement que la chaleur développée au droit du joint de soudure est produite par la fusion et la volatilisation extrêmement rapide des particules de métal qui viennent successivement en contact. Il se forme ainsi, à chaque instant, une multitude de fins conducteurs reliant les deux pièces, dont le nombre et la vitesse de disparition croissent au fur et à mesure de l'avancement du chariot. La vitesse de ce dernier doit donc augmenter progressivement pour maintenir une distance constante entre les deux pièces.

Il ne faut pas croire, toutefois, que l'action de l'étincelage procure une surface parfaitement unie des extrémités. Elles sont, au contraire, parsemées de bosses et de creux qui ne sont pas complémentaires sur les faces en regard. Ces creux devront être comblés rapidement au moment du refoulement.

Pendant cette opération, une partie de la chaleur dégagée disparaît dans les étincelles de métal projeté, l'autre partie reste emmagasinée dans l'espèce de pellicule liquide qui recouvre les extrémités des pièces et une troisième partie échauffe par conductibilité le métal avoisinant le plan de soudure. La profondeur de la zone chauffée au rouge s'accroît avec la durée de l'opération et atteint, si on la prolonge, à une valeur stable, relativement faible, de l'ordre de 10 mm au maximum sur chaque pièce, alors qu'en soudage par résistance elle peut s'étendre à presque tout le métal placé entre les deux électrodes.

La concentration de la chaleur reste toujours importante au voisinage du joint ; elle permet le soudage de métaux différents à résistivités inégales ou des métaux bons conducteurs en plat et profilés minces.

Pour obtenir un régime continu d'étincelage, on règle la tension secondaire et la vitesse de rapprochement des pièces. Plus cette dernière est grande, plus la tension et, par suite, la puissance d'étincelage, doivent être augmentées.

Pour une section déterminée, il existe une vitesse de rapprochement et une tension minima au-dessous desquelles, le régime n'étant pas stable, les pièces collent et chauffent

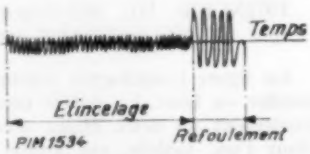


Fig. 2. — Variation de l'intensité en fonction du temps en soudage par étincelage.

par résistance. Si, par contre, on augmente trop la tension secondaire pour faciliter l'amorçage des étincelles, on provoque des arrachements de métal très importants qui dissipent une très grande partie de la chaleur dans les étincelles.

En outre, des cratères profonds apparaissent sur les surfaces à souder, qu'il sera difficile de combler au moment du refoulement. Le risque d'inclusion d'oxydes ou de gaz dans la soudure augmentera.

En conclusion, la machine doit être réglée pour une tension minimum compatible avec la vitesse d'avancement du chariot.

Pendant cette période d'étincelage, l'intensité primaire varie constamment (fig. 2) et correspond au régime irrégulier d'amorçage des étincelles. On ne doit pas constater, néanmoins, d'interruption de courant un peu prolongée surtout avant le refoulement.

b) Dressage des surfaces a souder

On conçoit qu'il ne soit pas nécessaire de dresser parfaitement les surfaces à souder puisque la fausse coupe disparaît progressivement dans les étincelles. On est, toutefois, limité par la nécessité de ne pas augmenter inutilement la longueur de métal perdu pendant l'étincelage.

Cette action de dressage des surfaces s'accompagne d'une égalisation de température des extrémités qui sont toujours recouvertes d'une pellicule de métal fondu. Elle permet de souder des pièces minces, par exemple des tôles d'acier de 7 à 10/10 de mm d'épaisseur et de 2 à 3 mètres de largeur.

Il serait impossible d'obtenir directement, en soudage par résistance, l'échauffement d'une telle section par effet Joule, même en supposant une coupe parfaite des extrémités. Le contact en certains points ne serait pas assuré ou le serait sous une pression trop faible, et provoquerait un début d'étincelage, donc des trous et des parties froides, tandis que d'autres points seraient portés à haute température.

c) Forgeage dans un milieu non oxydant

La vaporisation du métal pendant l'étincelage et le dégagement de gaz neutres empêchent les rentrées d'air, à condition, toutefois, d'effectuer le refoulement immédiatement après l'étincelage et sans aucune interruption de cette dernière.

Cette propriété de l'étincelage permet de souder des métaux facilement oxydables tels que les alliages d'aluminium ou de souder entre eux des métaux différents tels que l'aluminium et le cuivre.

2° Le refoulement

Le refoulement a deux buts : Premièrement de forger avec une force suffisante pour unir le métal à l'état plastique et, deuxièmement, d'expulser à l'extérieur du joint, dans le bourrelet de soudure, la pellicule de métal fondu contenant les impuretés et les parties oxydées de façon que la soudure soit effectuée sur le métal sain à l'état plastique.

Le refoulement est un phénomène dynamique. Sa vitesse est aussi importante que l'effort de pression sur le métal.

L'intensité du courant qui traverse les pièces pendant le refoulement est fonction de la section de la pièce et en partie de sa forme ; son réglage s'effectue généralement par la manœuvre d'un commutateur primaire qui change le rapport de transformation et par conséquent la tension secondaire. En fait, c'est cette tension déterminée comme nous l'avons indiqué pour l'étincelage, qui, restant la même pendant le refoulement, donne automatiquement l'intensité au refoulement.

Pendant cette phase de l'opération la résistance électrique du joint diminue brusquement par extinction des étincelles et provoque une augmentation brusque du courant. L'intensité appelée est de l'ordre de trois à quatre fois l'intensité d'étincelage.

La durée de l'étincelage varie de 4 à 25 secondes en fonction directe de la section à souder. La coupure de courant s'effectue une fraction de seconde après le début du refoulement.

3° Le préchauffage

Le soudage par étincelage direct met en jeu une puissance relativement importante, de l'ordre de 0,1 à 0,2 kVA par mm² pour l'acier doux. Pour des pièces de grosses sections il est intéressant de diminuer cette puissance appelée au réseau en acceptant d'allonger le temps de soudage.

Le préchauffage obtenu par effet Joule permet de souder avec une puissance beaucoup moindre, de l'ordre de 0,03 à 0,05 kVA par mm². En effet la phase d'étincelage final, débutant lorsque le métal est au rouge, nécessite une quantité de chaleur, pour la fusion et la volatilisation des contacts imparfaits, presque trois fois moindre. La puissance est réduite dans la même proportion en mettant en jeu une tension secondaire d'amorçage plus faible.

Le préchauffage diminue la perte de métal pendant la période d'étincelage. Le gain obtenu est appréciable dans le cas de soudage de métaux coûteux comme l'acier rapide ou dans le cas de préparation de pièces embouties ou forgées.

En outre, la zone chauffée s'étendant plus profondément, la pression de refoulement peut être diminuée. Elle est de 2,5 à 4 kg/mm² pour l'acier doux, alors qu'il faut 5 à 7 kg/mm² en étincelage direct. Le temps de soudage est, par contre, assez long, de l'ordre de 0,04 à 0,05 seconde par mm². Le poids et le prix des machines à préchauffage sont considérablement diminués par rapport à ceux des machines à étincelage direct.

La forme du bourrelet est intermédiaire entre celles qui sont observées sur une soudure par résistance et sur une soudure par étincelage.

DESCRIPTION DES MACHINES A SOUDER PAR RAPPROCHEMENT

On peut les classer en trois catégories : Les machines à commande manuelle, les machines semi-automatiques et les machines automatiques.

1° Machines à commande manuelle

Elles comprennent un bâti sur lequel coulisse un chariot, un dispositif d'avance et de refoulement, soit à levier et genouillère pour les modèles les plus petits (fig. 3), soit à volant et réducteur pour les gros modèles Le volant est calé sur un réducteur d'équerre dont l'arbre de sortie est solidaire d'une vis s'engageant dans un écrou fixé sur le chariot.

Les deux dispositifs symétriques de serrage sont fixés respectivement sur une table fixe isolée électriquement du bâti et sur le chariot. Ils sont commandés par des mécanismes divers à vis, à genouillère, à came.

Le transformateur est placé soit à l'intérieur du bâti sur un côté, soit à l'arrière. Son secondaire est relié aux électrodes inférieures par des conducteurs souples en cuivre, généralement par des lames minces du côté du chariot.

Un commutateur de réglage de la puissance, à manette tournante, et un contacteur actionné par un pédale ou une gâchette sont branchés dans le circuit primaire du transformateur.

Ces machines, de conception très simple, doivent être très robustes pour résister — avec le minimum de déformations et d'usure — aux efforts importants qu'elles supportent. Elles peuvent souder indifféremment, suivant le mode opératoire employé, par résistance, par étincelage direct, ou par préchauffage, étincelage et refoulement.

Fig. 3. — Machine à souder de 30 kVA à commande manuelle de refoulement par levier.

En outre, différents travaux de forge : chauffage, coudage à chaud, épointage, refoulement, peuvent facilement être exécutés sur ces machines.

Un apprentissage de quelques heures suffit à former un opérateur, en employant un manœuvre ayant un minimum d'habileté manuelle.

Ces machines sont très souples de fonctionnement et d'adaptation et conviennent aux travaux variés ne demandant pas, en général une grande précision.

L'effort que peut fournir l'opérateur sans fatigue excessive détermine la limite de capacité de ce type de machine.

Avec une démultiplication appropriée du mouvement de refoulement, on peut atteindre 4 à 5 tonnes d'effort au chariot, qui suffisent pour souder par étincelage direct, 800 à 1 000 mm² en plats ou profilés et avec préchauffage 2 000 à 2 500 mm² en barres rondes ou carrées. Sur des machines de faible puissance, on peut souder au minimum des fils d'acier de quelques millimètres de diamètre et des bandes de 4 à 5/10 de mm d'épaisseur.

Leur puissance apparente s'échelonne de 2 kVA à 125 kVA correspondant à 0,05 kVA environ par mm² de section soudée par préchauffage et étincelage, et 0,10 à 0,12 kVA environ par mm² par étincelage direct.

La cadence d'exécution est de l'ordre de 20 à 100 pièces/heure suivant les dimensions des pièces et les facilités de mise en place sur la machine.

2° Machines semi-automatiques

La commande de refoulement est obtenue automatiquement, les phases d'étincelage et, éventuellement, de préchauffage, restant seules sous la dépendance de l'opérateur. Remarquons que ces opérations n'exigent qu'un minimum de dépenses musculaires et, comme l'effort de serrage des pièces est obtenu, généralement, par un fluide moteur, le même que celui qui est utilisé au refoulement, la cadence de production n'est limitée que par le temps imparti au soudage, à la mise en place et à l'éjection des pièces.

Différents agents moteurs : L'air comprimé, l'huile sous pression, et parfois l'électricité, ont été utilisés pour les commandes de refoulement et de serrage.

L'air comprimé à la pression de 5 à 6 kg/cm² est très employé pour les machines de capacité moyenne. La figure 4 représente un modèle de ce genre. L'étincelage

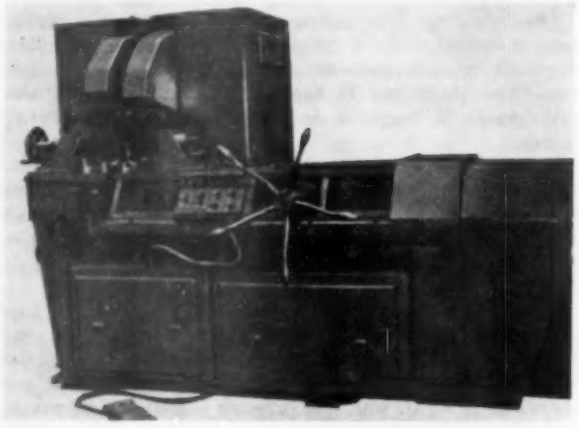


Fig. 4. — Machine à souder semi-automatique de 150 kVA à commande pneumatique. Préchauffage et étincelage manuels. Refoulement et serrage pneumatiques.

avec ou sans préchauffage s'effectue à l'aide d'un volant et d'un système démultiplicateur analogue à celui d'une machine manuelle. Un cylindre pneumatique fixé à la partie inférieure du bâti actionne un levier lié à sa partie supérieure au système démultiplicateur ; il provoque automatiquement le refoulement lorsque une certaine quantité de matière a été pulvérisée par l'étincelage, c'est-à-dire lorsque le chariot s'est déplacé d'une longueur déterminée *a priori*. Un contact électrique fixe, commandé par un doigt solidaire du chariot, enclenche à ce moment une électro-valve alimentant le cylindre. D'autres doigts et contacts coupent ensuite le contacteur de soudure, puis suppriment l'effort de refoulement.

Tous les doigts de commande sont réglés individuellement et leurs positions relatives par rapport aux contacts sont fonction de la forme et de la section des pièces à souder.

Les dispositifs de serrage sont commandés aussi par l'air comprimé ; ils comportent, chacun, un levier articulé portant les mors supérieurs et une genouillère actionnée par un cylindre pneumatique. Des électro-valves et des pédales contacts ou des robinets à air sont placés à portée de l'opérateur pour la commande des serrages.

La capacité de ces machines est limitée par l'encombrement possible des cylindres pneumatiques. Aussi, en général, ne dépasse-t-on pas 10 à 15 tonnes d'effort de refoulement, ce qui correspond déjà, lorsque les pièces ne sont pas butées, à un effort de serrage de 20 à 30 tonnes, nécessaire pour empêcher le glissement des pièces dans les électrodes.

Une machine de 10 tonnes d'effort de refoulement (fig. 4) permet de souder des plats de 1 500 mm² de section et des ronds ou carrés de 4 000 mm² avec préchauffage en mettant en jeu une puissance maximum de 200 kVA.

La commande hydraulique est presque uniquement employée pour les machines les plus grosses qui fonction-

nent presque toujours suivant le cycle à préchauffage par avances et reculs successifs du chariot.

Les figures 5 et 6 représentent des machines de ce type. Le fonctionnement de la machine représentée par la figure 6 est le suivant : A l'aide d'un levier agissant sur une valve d'inversion d'huile reliée au cylindre de refoulement, on peut faire avancer ou reculer le chariot. La vitesse d'avance pendant le préchauffage et l'étincelage est

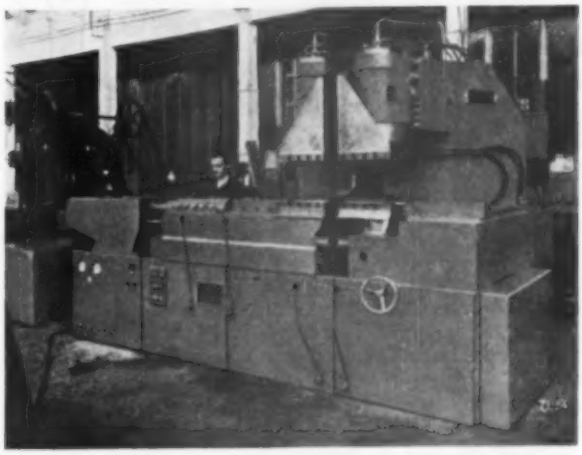


Fig. 5. — Machine à souder par étincelage, d'une capacité de 10 000 mm², à commande par volant à distance (Le pupitre de commande ne figure pas sur la photographie).

commandée au volant par un servo-moteur hydraulique qui règle le débit et la pression d'huile.

En général, la vitesse finale d'étincelage est fixée à l'avance et cette phase de l'opération s'effectue automatiquement lorsque la pièce a atteint une température convenable.

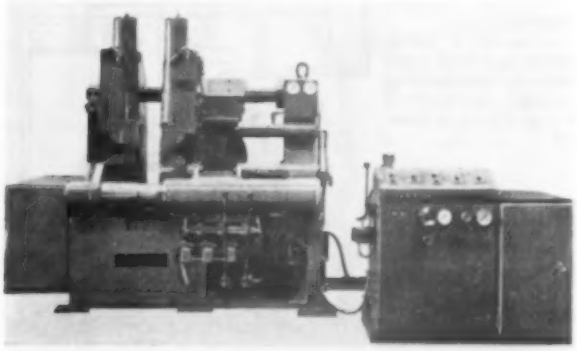


Fig. 6. — Machine à souder semi-automatique de 200 kVA à commande hydraulique. Préchauffage manuel par servo-moteur, étincelage, refoulement, serrage hydraulique.

Le refoulement se déclenche ensuite par l'ouverture d'une électro-valve qui alimente le cylindre de refoulement, à haute pression et à grand débit. La fin du cycle se déroule de la même façon que pour la machine à commande pneumatique.

On remarquera que l'action de l'opérateur est réduite au minimum ; il agit uniquement pendant le préchauffage, sur le levier d'avance et de recul du chariot.

3° Machines automatiques

Elles sont de deux types suivant le cycle de soudage, soit à étincelage direct, soit à préchauffage.

Machines a étincelage direct

Ce sont des machines à grande production destinées généralement à assembler des pièces d'épaisseur faible, inférieure à 4 mm : Tôles, profilés, tubes, etc... et quelquefois des pièces rondes ou polygonales de faible section. Elles sont pratiquement les seules utilisées aux Etats-Unis, même pour de très fortes sections concentrées.

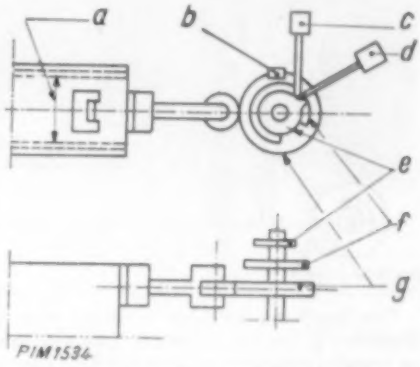


Fig. 7. — Schéma d'une machine à souder automatique à commande par came. *a*, Guidage ; *b*, Bossage de refoulement ; *c*, Contact coupure moteur ; *d*, Contact coupure courant ; *e*, Came de coupure moteur ; *f*, Came de coupure courant ; *g*, Came d'étincelage.

Les modèles les plus usuels sont à commande mécanique par came (fig. 7). Elles comportent, généralement, un moteur électrique accouplé à un variateur et un réducteur de vitesse sur l'arbre duquel est calée une came de profil spécial.

Le chariot, rappelé par un ressort ou un cylindre pneumatique porte un galet qui s'appuie constamment sur cette came.

Le mouvement de déplacement du chariot commence à vitesse faible et s'accélère progressivement jusqu'au moment où le galet rencontre un bossage fixé sur la came, qui provoque le refoulement.

Certains auteurs ont essayé de démontrer mathématiquement que la loi de déplacement du chariot est une fonction exponentielle ou parabolique.

En réalité, le profil de la came s'écarte sensiblement de ces deux courbes, il dépend de la forme des pièces, de leur coupe, de la section, de la nature du métal et de la puissance mise en jeu.

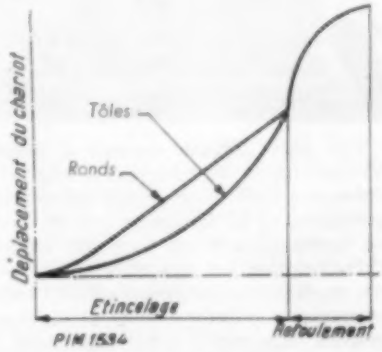


Fig. 8. — Courbes de déplacement du chariot en fonction du temps pour le soudage de tôles et de ronds.

La figure 8 montre deux courbes de déplacement du chariot, l'une se rapportant à des tôles ou tubes, et l'autre à des pièces rondes ou carrées.

La variation de la section à souder entraîne à changer les longueurs de raccourcissement des pièces résultant de l'étincelage et du refoulement. Avec une même came, on peut diminuer ces longueurs en utilisant une partie seulement de la came, en réduisant la saillie du bossage de refoulement et en changeant la vitesse de rotation de l'arbre à came. On risque toutefois d'éteindre l'étincelage au début du soudage et de coller les pièces, la vitesse au départ étant trop élevée. Certains constructeurs prévoient un changement de came par gamme de sections à souder.

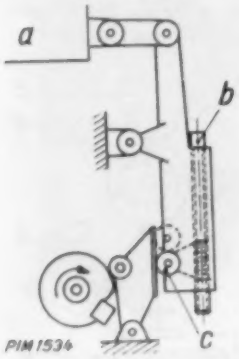


Fig. 9. — Schéma d'une machine à souder à came comportant un dispositif de levier à rapport variable des bras.
a, Chariot ; *b*, Dispositif de réglage ; *c*, Galet déplaçable.

Une meilleure solution consiste, pour un même genre d'articles à souder, à prévoir entre la came et le chariot un levier à rapport variable des bras (fig. 9) qui maintient constants la loi de déplacement du chariot et le rapport de la longueur de l'étincelage à la longueur de refoulement. On obtient, ainsi, la possibilité d'effectuer le soudage de sections variant de un à dix et même douze avec le minimum de réglage (fig. 10).

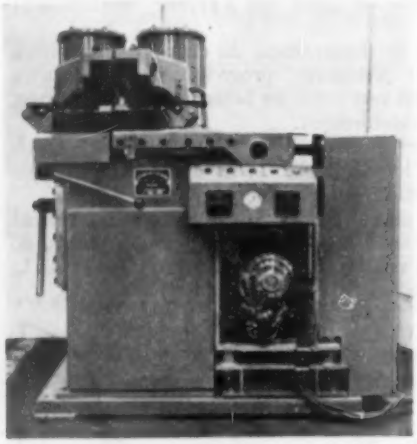


Fig. 10. — Machine à souder automatique de 65 kVA, capacité 450 mm², commande par came et levier réglable. Vue de face.

Une autre formule consiste à séparer les commandes d'étincelage et de refoulement (fig. 11). La première est obtenue à l'aide d'un groupe mécanique à came de petite puissance, et la deuxième, par un cylindre pneumatique ou hydraulique selon le fluide utilisé pour le serrage. Cette solution est très avantageuse pour la construction des machines un peu importantes et techniquement elle est intéressante puisque l'effort et la vitesse de refoulement peuvent être réglés indépendamment de l'étincelage. La réalisation du refoulement pneumatique est analogue à celle de la machine semi-automatique précédemment décrite.

Une variante des machines à commande pneumatique (fig. 12) comporte un dash-pot hydraulique, en opposition avec le cylindre pneumatique de refoulement constamment en pression sur le chariot. La vitesse de déplacement est

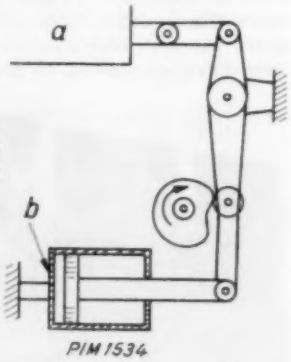


Fig. 11. — Schéma d'une machine à souder, commande d'étincelage par came, refoulement pneumatique.
a, Chariot ; *b*, Effort de refoulement.

déterminée par le débit réglable de la vanne d'échappement du dash-pot. Une came pilote, liée au déplacement du chariot, commande progressivement l'ouverture de cette vanne qui s'ouvre en grand au moment du refoulement. Ce dispositif simple est cependant de fonctionnement un peu instable en raison des variations possibles de viscosité de l'huile et des frottements du chariot et des pièces mécaniques de commande.

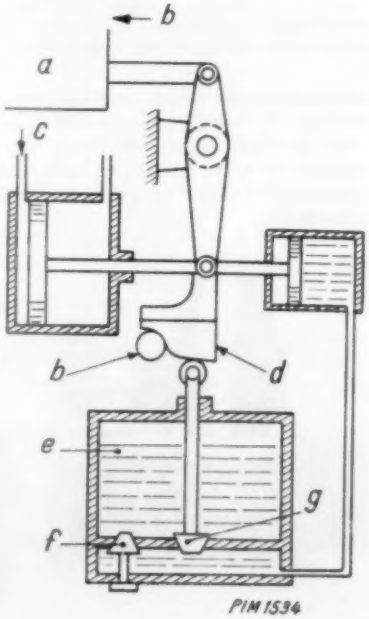


Fig. 12. — Schéma d'une machine à souder à commande pneumo-hydraulique.
a, Chariot ; *b*, Refoulement ; *c*, Air ; *d*, Came pilote ; *e*, Cuve à huile ; *f*, Clapet de retour à zéro ; *g*, Clapet de laminage.

Une autre variante comporte un cylindre pneumatique freiné actionnant une came rectiligne qui agit directement sur le déplacement du chariot (fig. 13).

Aux Etats-Unis les grosses machines sont le plus souvent à commande complètement hydraulique (fig. 13bis). L'étincelage est obtenu en faisant varier par étranglement le débit et la pression d'huile du cylindre de refoulement à l'aide d'une came pilote liée au déplacement généralement amplifié du chariot. L'ouverture d'un clapet en *by pass*, branché sur des accumulateurs hydrauliques, provoque le refoulement à forte pression et à grande vitesse.

Toutes les machines précédentes comportent un certain nombre de cames auxiliaires calées sur l'arbre de la came de refoulement ou solidaires du chariot. Elles commandent, par des contacts fixés sur le bâti, le début du refoulement,

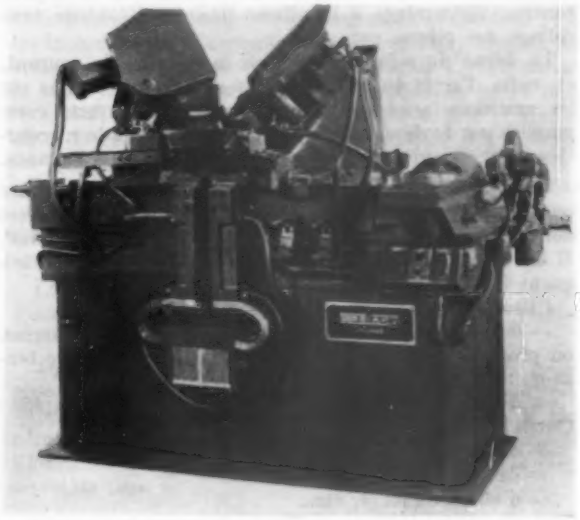


Fig. 13. — Machine automatique à souder en bout par étincelage, à commande pneumatique, pour soudage d'onglet de profilés.

la coupure du courant, la suppression de l'effort de refoulement, l'arrêt du moteur, l'ouverture automatique ou non des dispositifs de serrage et le retour du chariot en position de départ.

Leur réglage s'effectue soit par décalage angulaire par rapport à la came principale de refoulement — donc en fonction du temps — soit par déplacement rectiligne par rapport au chariot.

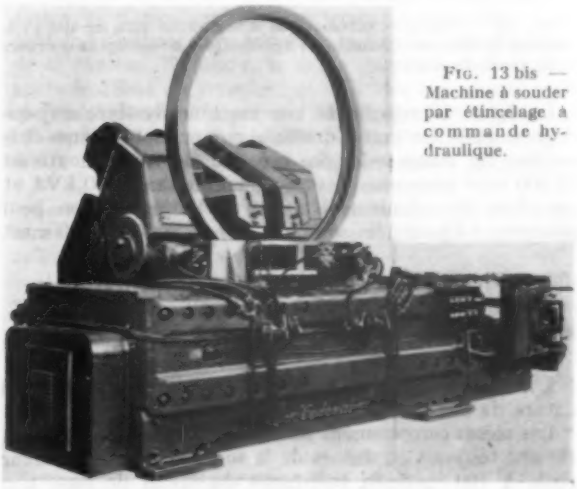


Fig. 13 bis — Machine à souder par étincelage à commande hydraulique.

La gamme des machines à étincelage direct est très étendue. On construit couramment des modèles à cames jusqu'à 1 000 mm² (fig. 14) et des modèles à cames et refoulement pneumatique jusqu'à 2 500 mm² (fig. 15).

Les modèles hydrauliques peuvent atteindre des sections de 5 000 mm² et exceptionnellement 10 000 mm².

La figure 16 représente une machine destinée au soudage de bandes de tôles de 1,200 m, 4 mm d'épaisseur, d'une puissance de 700 kVA pour l'équipement d'une ligne de décapage continu avant laminage à froid.

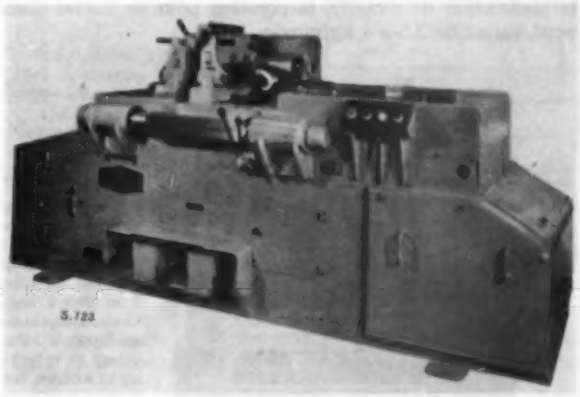


Fig. 14. — Machine à souder automatique par étincelage de 175 à 350 kVA.

Elle est équipée d'un serrage hydraulique et d'un refoulement à came.

Des machines analogues soudent des tôles minces d'épaisseur 6 à 12/10 en largeur atteignant 2,20 m.

Ces machines sont capables de grandes productions car les temps de soudure sont courts et varient de 2 à 20 secondes au maximum. On atteint, par exemple, des cadences

Fig. 15. — Machine à souder automatique de 350 kVA, capacité 2 500 mm², commande d'étincelage par came et refoulement pneumatique.

horaires de 360 à 400 jantes de bicyclettes et 60 tôles de 10/10 en largeur de 2 mètres. Elles peuvent être considérées comme des machines-outils automatiques et sont souvent incluses dans des chaînes de fabrication.

La puissance relativement importante qu'elles nécessitent, de l'ordre, pour l'acier doux, de 0,15 kVA par mm² en moyenne, est un obstacle majeur à la diffusion des machines capables de souder de grosses sections.

Machines a préchauffage par « avances et reculs » successifs

Les machines à préchauffage n'ont besoin que d'une puissance trois fois plus faible, de l'ordre de 0,03 à

0,05 kVA/mm². La zone chauffée, de part et d'autre du joint, par le préchauffage et l'étincelage, peut être beaucoup plus longue. Le refoulement s'effectue, alors, sur un métal plus chaud qui se forge facilement en mettant en jeu un effort relativement faible. On compte que, suivant la profondeur de chauffe, la pression pour de l'acier doux peut varier de 2,5 à 4 kg/mm².

Fig. 16. — Machine à souder automatique de 700 kVA pour soudage de tôles 1 m 20 × 4 mm. Commandes automatiques : Etincelage et refoulement à came, serrage hydraulique.

En outre, la masse importante de la zone chauffée se refroidit lentement et évite les tapures dans la soudure des pièces en acier à forte proportion de carbone ou en acier allié.

Le cycle de fonctionnement des machines à préchauffage par avances et reculs successifs est habituellement le suivant (fig. 17) :

La vitesse d'avance du chariot est réglée au préalable à une valeur rigoureusement constante. Les pièces sont mises en contact et une faible pression leur est appliquée au début de l'opération. La tension est établie en même

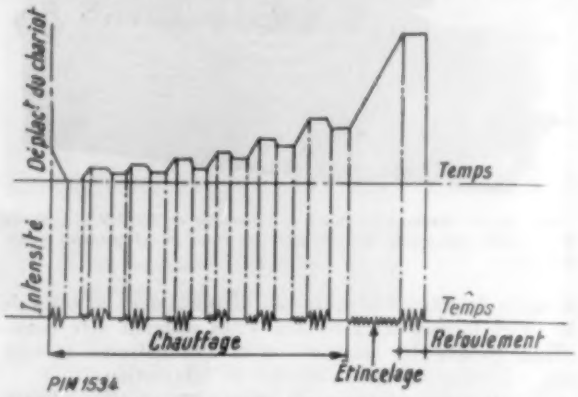


Fig. 17. — Machine à souder à « avances et reculs ». Courbes de déplacement du chariot et d'intensité primaire correspondante en fonction du temps.

temps et lorsque le courant atteint une intensité déterminée par un réglage préalable d'un relais à maximum, le chariot recule de quelques millimètres et s'arrête puis il repart en avant et amorce un léger étincelage suivi d'un chauffage par résistance toujours sous faible pression.

L'intensité remonte rapidement à la valeur critique et commaude de nouveau le recul du chariot. Ces mouvements d'avances et reculs du chariot se reproduisent un certain nombre de fois jusqu'au moment où les extrémités ont atteint une température suffisante pour que le régime continu d'étincelage à la vitesse désirée s'établisse sans collage des pièces.

Le début du refoulement, puis la coupure du courant, et, enfin, l'arrêt du refoulement sont obtenus comme sur les machines semi-automatiques par des contacts commandés par le déplacement du chariot lorsque le raccourcissement des pièces atteint des valeurs fixées à l'avance.

Une gamme de machines à préchauffage de puissance croissante sont construites couramment pour des pièces dont les sections s'échelonnent entre 500 et 12 000 mm². Il existe même des modèles de taille exceptionnelle atteignant 30 000 mm² et même 40 000 mm².

Elles sont employées pour le soudage :

— de pièces forgées sur des barres rondes ou carrées, ou profilés, telles que crochets d'attelage, chapes de tendeur, bielles, tiges de piston, etc...,

— d'outils divers avec partie rapportée en acier rapide : Outils de tour, alésoirs, tarauds, fraises, etc...,

— de rails de chemin de fer,

— de chaînes marines,

— d'outils de forge, etc...

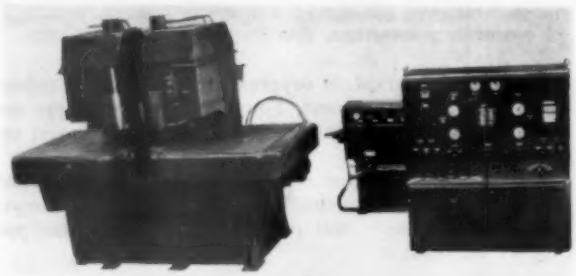


Fig. 18. — Machine automatique à souder les rails de 400 kVA, capacité 12 000 mm². Commandes hydrauliques de serrage et d'avance et de recul du chariot.

La figure 18 représente une machine destinée au soudage de rails. On voit à droite le groupe moto-pompe et le pupître de commande. Sa capacité de soudage atteint 12 000 mm² pour une puissance maximum de 400 kVA et un effort de refoulement de 40 t. La production peut atteindre à l'heure dix soudures de rails de 6 à 8 000 mm².

CONCEPTION DES ASSEMBLAGES SOUDÉS PAR ÉTINCELAGE

Métaux soudables

L'acier doux se soude parfaitement quelle que soit la nature de son élaboration : Martin ou Thomas.

Les pièces correctement soudées et essayées à la traction cassent toujours en dehors de la soudure pour une valeur égale à 100 % de la résistance du métal de base non écroui. Leurs autres caractéristiques mécaniques et chimiques sont semblables à celles du métal non soudé.

Les aciers mi-durs jusqu'à 60 kg/mm² se soudent aussi facilement et dans les mêmes conditions que les aciers doux. Les aciers plus riches en carbone et la plupart des aciers alliés ont tendance à tremper à la soudure, surtout

lorsque l'on soude par étincelage direct. Un traitement thermique ultérieur est le plus souvent indispensable. Il est aussi possible de réchauffer directement la zone soudée sur la machine, opération appelée improprement « recuit ». On peut se contenter, si les pièces ont été préchauffées suffisamment de les sortir rapidement de la machine et de les laisser refroidir lentement à l'abri de l'air, dans un bac rempli de chaux qui est chauffé au préalable. C'est d'ailleurs la seule solution possible pour la confection ou la réparation d'outils (tarauds, forets, fraises) usinés et traités, en acier rapide qui doivent être soudés sur des rallonges en acier mi-dur ou mangano-silicieux.

Les soudures traitées atteignent 97 à 99 % de la résistance à la traction du métal de base et leurs autres caractéristiques ne sont pas pratiquement influencées par la soudure.

Les aciers austénitiques du genre inoxydable 18/8 se soudent bien, mais nécessitent un réglage précis de l'intensité et du temps de refoulement.

Toutes ces qualités d'aciers ayant une résistance mécanique élevée nécessitent un effort de refoulement plus important que pour le soudage de l'acier doux. Il faut admettre une pression par mm² à peu près proportionnelle à leur résistance à la traction. Les chiffres suivants peuvent servir de base :

Résistance traction de l'acier	*Pression de refoulement, étincelage direct*	*Pression de refoulement avec préchauffage*
60 à 100 kg/mm²	10 kg/mm²	6 kg/mm²
100 à 160 kg/mm²	15 kg/mm²	8 kg/mm²

L'aluminium, les alliages d'aluminium sans traitement thermique, du genre aluminium — magnésium (2 à 5 %) peuvent se souder par étincelage sur des machines spéciales.

La grande conductibilité électrique et thermique de ces métaux, le faible écart entre leur point de ramollissement et de fusion, ainsi que leur extrême oxydabilité à chaud, nécessitent de mettre en jeu une puissance électrique très élevée et d'effectuer très rapidement l'étincelage et surtout le refoulement pour éviter la trop grande dispersion de la chaleur. En outre, la durée du courant de soudage après le début du refoulement doit être très courte, quelques périodes, et très précise. Au refoulement la puissance est de l'ordre de 0,8 à 1 kVA par mm² et l'effort de 7 à 8 kg/mm². On obtient des soudures saines accusant 95 à 98 % de la résistance du métal non soudé.

Le nickel, les alliages réfractaires de nickel et de chrome, se soudent par étincelage dans des conditions analogues à celles des aciers à haute résistance.

Il est possible de souder entre eux des métaux différents comme le nickel sur l'acier, le tungstène sur l'acier, le cuivre sur l'aluminium, etc... Ces deux derniers métaux donnent une soudure parfaite à 100 % de la résistance mécanique de l'aluminium et qui présente cette particularité de ne comporter au joint soudé aucun alliage de liaison entre les deux métaux.

Préparation des pièces

Il est extrêmement important d'observer les quelques règles suivantes pour la préparation des pièces à souder.

1° Forme des pièces

Les sections des deux pièces doivent être semblables sur une longueur correspondant au minimum au raccourcissement résultant de l'étincelage et du refoulement, augmenté de la largeur du bourrelet de soudure, c'est-à-dire, la longueur *A* (fig. 19). Pour la plupart des assemblages,

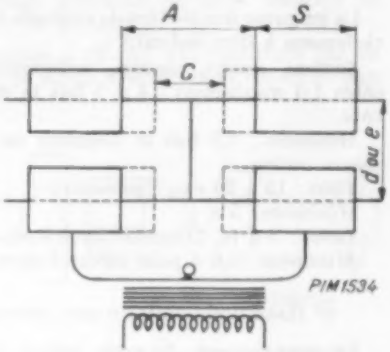


Fig. 19. — Données de soudage par rapprochement.
A, Ecartement début soudage. — *C*, Ecartement fin soudage. — *S*, Longueur des électrodes. — *d*, Diamètre. — *e*, Epaisseur.

il est préférable de prévoir une longueur supplémentaire égale à la double portée *S* des pièces sur les électrodes.

On peut admette, à la rigueur, une différence de 5 à 10 % maximum sur les dimensions correspondantes des deux pièces sans altérer la qualité de la soudure.

Le soudage de pièces de formes et de sections très différentes est à déconseiller. On peut, quelquefois, obtenir des résultats acceptables dans certains cas très particuliers, en préchauffant la pièce la plus massive, ou en laissant dépasser hors des électrodes une quantité de métal sur chacune des pièces telle qu'un équilibre de température s'établisse sur chacune d'elle. Une étude et des essais préalables sont indispensables avant d'entreprendre le soudage dans ces conditions.

2° Direction de l'effort de soudage

Il doit être sensiblement normal à la surface de contact des deux pièces. Dans le cas contraire, au moment du refoulement, les bords des deux pièces tendent à glisser l'une sur l'autre et le métal est chassé vers l'extérieur sans forgeage appréciable. On peut néanmoins souder suivant deux surfaces gauches (fig. 42) à condition que l'inclinaison maximum par rapport à l'axe de refoulement ne dépasse en aucun point 75°.

3° Les électrodes

La portée des pièces sur les électrodes doit être suffisante pour assurer une égale répartition de courant sans piqûre des pièces et leur serrage sans glissement.

La surface des pièces en contact avec les électrodes, doit être propre, exempte de calamine et de poussières métalliques.

L'emploi de butées mécaniques est très recommandable tant au point de vue de la précision de longueur de l'assemblage que de la rapidité de mise en place des pièces. Les électrodes, n'ayant plus que le rôle de conducteurs de courant, peuvent être réduites en longueur, ce qui permet le soudage de pièces courtes. En outre l'effort de serrage peut être diminué.

Les électrodes inférieures sont toujours en métal conducteur : cuivre ou alliage de cuivre ; elles sont plates pour les sections carrées, rectangulaires pour les feuillards et les tôles ; elles sont entaillées en V ou en demi-rond pour les sections rondes. Pour ces formes de pièces, les mors supérieurs, généralement striés, sont en acier dur. Pour l'assemblage de tubes et de profilés, le mors supérieur est aussi en métal conducteur et est relié à l'électrode

inférieure par un conducteur souple en lames ou tresses de cuivre rouge. Les électrodes enveloppent aussi complètement que possible le tube ou le profilé.

La longueur des portées de contacts S (fig. 19) est donnée ci-dessous à titre indicatif :

Sections rondes, carrées, rectangulaires (rapport des côtés 1/4 maximum) : 4 à 5 fois le diamètre ou le petit côté.

Minimum : 1,5 fois le diamètre ou le petit côté pour pièces butées.

Tôles : 15 à 20 e (e, Epaisseur).

Minimum : 5 e.

Tubes : 2 d (d, Diamètre extérieur).

Minimum : 0,6 d pour pièces butées.

4° Raccourcissement des pièces au soudage

La connaissance de cette valeur est très importante pour le projeteur et le soudeur.

Ce n'est malheureusement pas une donnée absolument déterminée.

Le raccourcissement est une fonction croissante de la section et dépend de la forme des pièces et du mode opératoire de soudage.

Il est plus important en soudage par étincelage qu'en soudage avec préchauffage.

En outre, il est possible d'obtenir, en opérant avec la même technique de chauffage et sur des pièces identiques, des valeurs différentes du raccourcissement sans changer la qualité de la soudure.

En effet, on peut faire varier entre certaines limites les différents paramètres suivants :

— intensité déterminée par le réglage du commutateur du transformateur,

— temps du préchauffage,

— poids de métal entraîné par les étincelles,

— volume du bourrelet de soudure.

Ces deux derniers paramètres sont déterminés sur la machine par un réglage des longueurs de déplacement du chariot.

— Durée du maitien du courant pendant le refoulement.

Raccourcissement des deux pièces :

$$A - C = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 0{,}55\sqrt{S} \text{ (}S\text{, Section)},$$

c'est-à-dire 0,5 d pour les pièces rondes de diamètre d.

La valeur du refoulement est égale à 0,15 d pour les pièces pleines et 1,5 e (e, Epaisseur) pour les tôles, profilés et tubes.

5° Ecartement des électrodes

Les électrodes ne doivent pas trop être écartées en fin de soudage de façon à éviter le flambage des extrémités au moment du refoulement.

On peut admettre généralement les valeurs suivantes :

$C = 1{,}7\sqrt{S}$ (S, Section) pour les pièces pleines c'est-à-dire $= 1{,}5\ d$ (d, Diamètre) pour les pièces rondes.

$C = 4$ à $5\ e$ (e, Epaisseur) pour les tôles, profilés et tubes.

Lorsque l'on soude entre eux des métaux différents comme l'acier mi-dur et l'acier rapide ou le cuivre et l'aluminium, on laisse dépasser inégalement les pièces hors des électrodes de manière à établir une répartition égale de chaleur entre les deux pièces. Le métal le moins résistant électriquement, l'acier doux ou le cuivre des assemblages précités, sort beaucoup plus que l'acier rapide et l'aluminium. Par exemple, pour un écartement des électrodes au départ de 2 d, l'acier doux dépasse hors des mâchoires de 1,3 d et l'acier rapide de 0,7 d.

EXEMPLES D'APPLICATION DU SOUDAGE PAR RAPPROCHEMENT

Les applications de ce procédé de soudage sont extrêmement nombreuses et s'étendent aux industries les plus diverses : Forge, laminoirs à froid de tôles et feuillards, fabriques de tubes soudés, chemin de fer, industries mécaniques, automobile, aviation, cycles, etc., menuiserie métallique et serrurerie, coutellerie, etc...

Nous indiquons, ci-dessous quelques exemples classés par industrie :

Forge

— Chaînes marines depuis 15 mm jusqu'à 105 mm de diamètre de maille. L'assemblage s'effectue soit en partant de deux demi-mailles (fig. 20), soit en formant la maille en introduisant les mailles déjà soudées et en effectuant immédiatement après une seule soudure, la maille étant encore au rouge (fig. 21).

Fig. 20. — Chaîne à deux soudures par maille.

Fig. 21. — Chaîne à une soudure par maille.

Fig. 22. — Bielle de locomotives.

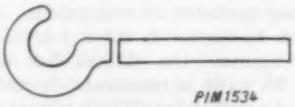


Fig. 23. — Crochet d'attelage.

— Vilebrequin de moteurs Diesel ou à gaz en partant d'éléments forgés de petites dimensions, soudés entre eux. Cette application courante en Allemagne est peu connue en France.

Laminoirs a froid de toles et feuillards

— Raboutage de couronnes de tôles et de feuillards jusqu'à 1,50 m de largeur, épaisseur 3 à 4 mm.

Les machines sont généralement placées dans la ligne de décapage continu avant le laminage à froid. Le soudage s'effectue directement sur du métal brut de laminage à chaud.

Différents documents ont été publiés, qui donnent la valeur du raccourcissement en fonction de la forme et de la section des pièces. Les normes américaines [1] s'appliquent uniquement au soudage par étincelage direct. Une abaque d'origine allemande donne des chiffres pour le soudage avec préchauffage sur pièces de sections rondes, carrées ou rectangulaires.

Nous utilisons, pour notre part, la formule empirique suivante, valable pour le soudage jusqu'à 3 000 mm² environ de pièces pleines (sections rondes, carrées, rectangulaires) avec préchauffage ou de tôles ou tubes, profilés par étincelage direct.

(1) *Pratiques recommandées pour le soudage par résistance de l'Américain Welding Society.* Traducteur : *La Soudure Electrique Languepin.*

Fabriques de tubes soudés

Raboutage de feuillards avant la formation et le soudage en continu.

Chemin de fer

— Rails.
— Bielles de locomotives (fig. 22).

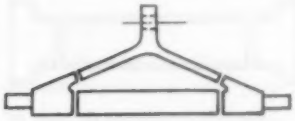


Fig. 24. — Triangle de frein.

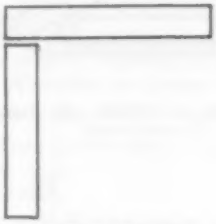


Fig. 25. — Equerre.

— Réparation des tiges de pistons par soudage d'un embout en remplacement d'un cône usé.
— Crochets et tirants d'attelage (fig. 23).

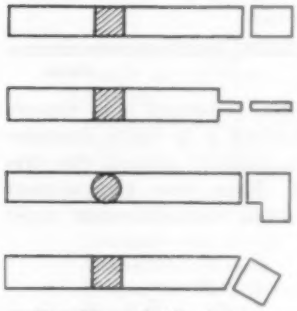


Fig. 28. — Outils de tours soudés avec partie rapportée en acier rapide.

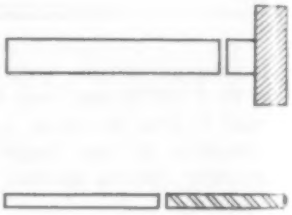


Fig. 29. — Fraise et foret soudés avec partie rapportée en acier rapide.

— Triangle de frein (fig. 24).
— Réparation des tubes à fumée de locomotives par remplacement des extrémités usées par une portion de tube neuf.

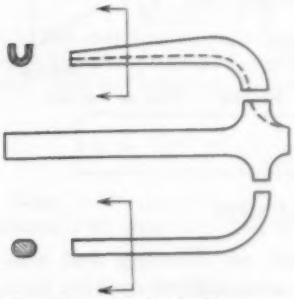


Fig. 32. — Broche de filature.

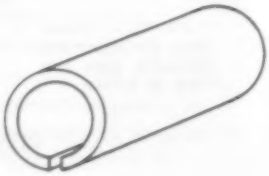


Fig. 33. — Corps de groupe hermétique de réfrigérateurs ou stator de petits moteurs électriques.

Industrie mécanique

— Outillage : Equerre (fig. 25) pied à coulisse, calibre (fig. 26), grosses clefs à béquilles (fig. 27).
— Outils avec partie rapportée en acier rapide : Outils de tour (fig. 28), forets, tarauds, fraises, alésoirs (fig. 29).
— Pièces diverses : Poignées de caisse (fig. 30) ; elles comportent un usinage préalable de deux amorces de soudure au diamètre de la poignée.
— Cylindres de pompe à air (fig. 31) constituée par un tube et un embouti de forme spéciale dans lequel se loge

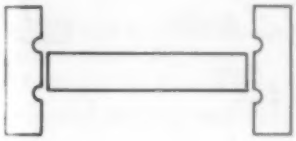


Fig. 26. — Calibre.

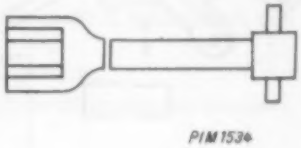


Fig. 27. — Grosse clé à béquille.

le bourrelet de soudure qui est seulement meulé extérieurement.
— Broches de filature (fig. 32). La partie centrale matri-

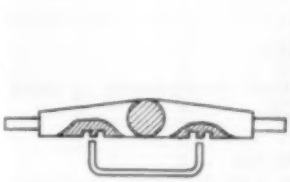


Fig. 30. — Poignée de caisse.

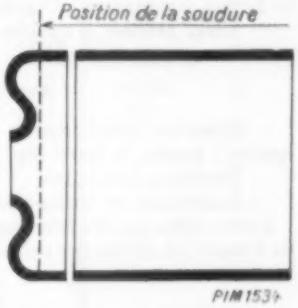


Fig. 31. — Cylindre de pompe à air.

cée est soudée à une pièce emboutie et à une tige de section ovale.
— Corps de groupes hermétiques de réfrigérateurs ou stators de petits moteurs électriques (fig. 33).

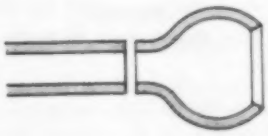


Fig. 34. — Rotule de poussée d'automobile.

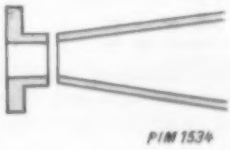


Fig. 35. — Brides de trompettes d'automobile.

Automobiles

— Rotule de poussée (fig. 34).
— Brides de trompettes (fig. 35).

— Couronne de démarreur en acier spécial.
— Jante de roue avant formage.
— Tubes de direction.
— Main avant d'amortisseur : Constituée par deux pièces embouties (fig. 36).

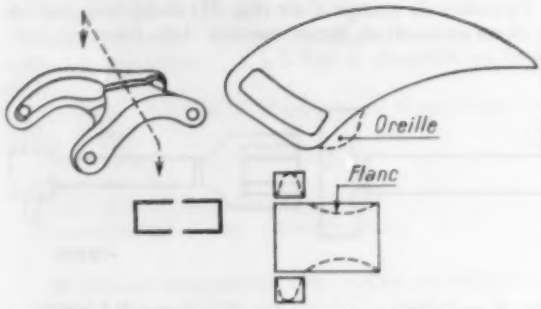


Fig. 36. — Main avant d'amortisseur d'automobile.

Fig. 37. — Flan de pavillon avec oreilles rapportées.

— Tôles de 7 à 12/10 largeur, 0,50 à 2 m, avant emboutissage pour confection de flancs de grandes dimensions ou de formes irrégulières : Oreilles sur pavillons (fig. 37).
— Ailes, profilés d'encadrement de lunettes avant et arrière.

Aviation

— Eléments tubulaires de train d'atterrisseur en acier spécial : Jambe de force (fig. 38).
— Tendeurs tubulaires.
— Couronnes de turbo-réacteurs.
Cette technique d'assemblage n'est pas encore appliquée en France, en raison des petites séries de pièces à exécuter.

Serrurerie

Pènes (fig. 43); deux fraisures parallèles délimitent l'amorce de soudure. Le bourrelet se loge à l'intérieur des fraisures.

Coutellerie

— Couteaux en inoxydable en trois pièces soudées entre elles (fig. 44).

Fig. 38. — Jambe de force d'amortisseur.

Fig. 39. — Moyeu de roue de bicyclette.

Travaux publics

— Raboutage d'armatures en acier doux pour le béton armé. On soude également les armatures pour le béton précontraint. Ces armatures, d'un diamètre de 5 à 8 mm,

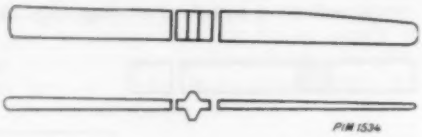


Fig. 44. — Couteau en inoxydable soudé en trois pièces.

en acier au carbone ayant une résistance à la rupture de 90 à 120 kg/mm, sont tendues à la limite élastique avant la prise du béton. Les soudures doivent être très résistantes et peu fragiles. Elles sont généralement « recuites » sur la machine même immédiatement après le soudage.

Fig. 40. — Vilebrequin de vélomoteur.

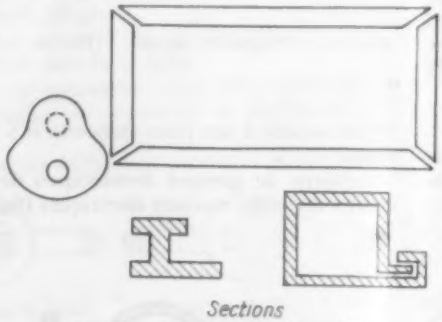


Fig. 41. — Encadrement de fenêtre.

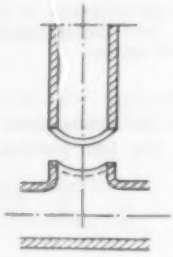


Fig. 42. — Assemblage de deux tubes d'équerre pour barrière de jardin.

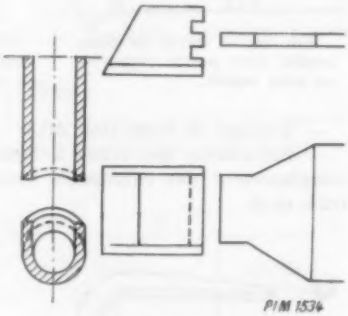


Fig. 43. — Pène de serrure.

Cycle

— Fermeture de jantes profilées (fig. 39), moyeu de roue.
— Vilebrequin de vélomoteur (fig. 40).

Menuiserie métallique

— Encadrement de fenêtres et de portes (fig. 41). Le soudage s'effectue sur des profilés coupés d'onglet.
— Barrière de jardin (fig. 42). L'un des tubes porte un embout obtenu par perçage et sortie d'une bille, l'autre tube est façonné à la forme gauche de l'embout.

CONCLUSION

Les applications du soudage par étincelage sont nombreuses mais ses possibilités sont loin d'être épuisées. Cette technique est moins connue que celles des autres procédés de soudage. Nous espérons que les quelques indications et exemples précédents inciteront à rechercher de nouvelles applications.

E. Chapellier,
Ingénieur des Arts et Métiers.

ENGRENAGES

Vérification des engrenages cylindriques droits à denture en développante

Dans le cas d'engrenages de grandes dimensions, taillés par fraise de forme, le contrôle du profil de denture revêt une grande importance, tant pour l'établissement des fraises que pour l'examen des dents après taillage.

La vérification la plus simple réside dans la mesure d'écartement sur k dents au pied à coulisse.

On peut également, à l'aide d'un « pied à denture » à double vernier, vérifier, à tout niveau du profil, les éléments suivants :

— Epaisseur de la dent à la corde,

— Hauteur corrigée de cette corde,

et se faire ainsi une idée des erreurs de divisions et de profil.

L'étude de M. Boumard fournit les relations générales déterminant ces divers éléments de vérification en fonction des caractéristiques de la denture (nombre de dents, angle de pression, dimensions), compte tenu du jeu entre dents et de la correction de denture adoptés.

1° Notations et unités utilisées (voir fig. 1 et 2)

Caractéristiques de la roue étudiée	Symboles Dent	Symboles Creux	Unités
Angle de pression / Module de taillage	φ		degrés
	M		mm
Jeu entre dents (avec la roue conjuguée)	j		»
Nombre de dents	n		—
Correction ou déport	c		mm
Diamètre primitif	d		»
Diamètre de base	b		»
Diamètre extérieur	e		»
Diamètre intérieur	i		»
Epaisseur circonférentielle de la dent primitif	a		»
Nombre de dents pour mesure d'écartement	k		—
Mesure d'écartement	z		mm
Diamètre de référence (quelconque sur la hauteur de la dent)	y		mm
Angle d'incidence au diamètre de référence	q		degrés
Epaisseur et intervalle à la corde, au diamètre de référence	l	l'	mm
Hauteurs à la corde correspondantes	h	h'	»
Demi-angle au centre sous-tendant les cordes précédentes	u	u'	grades

2° Détermination de a

Si l'on convient de repartir également le jeu de flancs j entre les deux roues de l'engrenage, on aura, pour chaque roue, avec les notations du paragraphe précédent :

$$a = \frac{\pi \mu}{2} - \frac{j}{2 \cos \varphi} + 2\, c \,.\, \mathrm{tg}\, \varphi \qquad [1]$$

Nota. — L'évaluation de a est facilitée par l'emploi du tableau I et, pour $\varphi = 20°$, des tableaux III et IV.

3° Eléments à vérifier

1° Ecartement z sur k dents ;

2° (Au niveau défini par le diamètre de référence y) :

a) Epaisseur et intervalle à la corde l, l'.

b) Hauteurs à la corde correspondantes h, h'.

Les figures 1 et 2 indiquent comment sont définies ces différentes cotes.

4° Choix du nombre k (fig. 2)

Soit θ la valeur (en grades) de l'angle d'incidence du profil au niveau moyen de la denture, c'est-à-dire, sur la circonférence de diamètre $\frac{e + i}{2}$.

Les intersections de cette circonférence moyenne avec une tangente quelconque au cercle de base sont séparées par un nombre de pas angulaires égal, d'après la figure 2, à :

$$\frac{2\,\theta}{\frac{400}{n}} \quad \text{soit} \quad \frac{n\,\theta}{200}$$

avec $$\cos \theta = \frac{2\, d \cos \varphi}{e + i} = \frac{2\, b}{e + i} \qquad [2]$$

Pour tenir compte du fait que les profils utilisés dans la mesure d'écartement sont nécessairement antihomologues, on devra choisir *k entier voisin* du nombre optimum fictif :

$$k' = \frac{n\,\theta}{200} + 0{,}5 \qquad [3]$$

μ Norme française NFX 23-010	μ Norme allemande DIN 780	$\frac{\pi\mu}{2}$ ou $\pi(k-1)$	k
1		1,570 8	
2		3,141 6	2
3		4,712 4	
4		6,283 2	3
5		7,854 0	
6		9,424 8	4
7		10,995 6	
8		12,566 4	5
9		14,137 2	
10		15,708 0	6
11		17,278 8	
12		18,849 6	7
13		20,420 4	
14		21,991 1	8
15		23,561 9	
16		25,132 7	9
18		28,274 3	10
20		31,415 9	11
22		34,557 5	12
	24	37,699 1	13
25		39,269 9	
(26)		40,840 7	14
	27	42,411 5	
28		43,982 3	15
30		47,123 9	16
32		50,265 5	17
	33	51,836 3	
(34)		53,407 1	18
35		54,977 9	
	36	56,548 7	19
38		59,690 3	20
	39	61,261 1	
40		62,831 9	21
	42	65,973 4	22
(44)		69,115 0	23
45		70,685 8	
50		78,539 8	26
55		86,393 8	
60		94,247 8	31
65		102,101 8	
70		109,955 7	36
75		117,809 7	

Nota. — Pratiquement k' pourra être déterminé rapidement à l'aide de l'abaque de la figure 3, en fonction du rapport $\frac{e+i}{d}$ et du nombre de dents n.

5° Evaluation de l'écartement z sur k dents

D'après la figure 2 :

$$z = MT + TP = \widehat{mT} + \widehat{Tp} = \widehat{mp}$$

z est donc bien indépendant, dans le plan de la figure, de la position du point T ou de l'orientation du pied à coulisse.

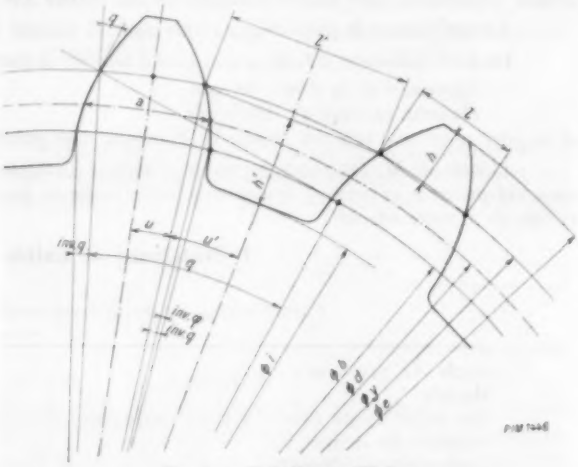


FIG. 1. — Notations utilisées.
(Nous rappelons que inv. q = tg q — q).

Ci-contre : Tableau I.

Ci-dessous, à gauche : Tableau II.

$\frac{200}{n}$	n	n inv 20°
16,667	12	0,1 788
15,385	13	937
14,286	14	2 087
13,333	15	236
12,500	16	385
11,765	17	534
11,111	18	683
10,526	19	832
10	20	981
9,524	21	3 130
091	22	279
8,696	23	428
333	24	577
000	25	726
7,692	26	875
407	27	4 024
143	28	173
6,897	29	322
667	30	471
452	31	620
250	32	769
061	33	918
5,882	34	5 067
714	35	216
556	36	365
405	37	514
263	38	664
128	39	813
000	40	962
4,878	41	6 111
762	42	260
651	43	409
545	44	558
444	45	707
348	46	856
255	47	7 005
167	48	154
082	49	303

$\frac{200}{n}$	n	n inv 20°
4,000	50	0,7 452
3,922	51	601
846	52	750
774	53	899
704	54	8 048
636	55	197
571	56	346
509	57	495
448	58	644
390	59	793
333	60	942
279	61	9 091
226	62	240
175	63	390
125	64	539
077	65	688
030	66	837
2,985	67	986
941	68	1,0 135
898	69	284
857	70	433
817	71	582
778	72	731
740	73	880
703	74	1 029
667	75	178
632	76	327
597	77	476
564	78	625
532	79	774
500	80	923
469	81	2 072
439	82	221
410	83	370
381	84	519
353	85	668
326	86	817

$\frac{200}{n}$	n	n inv 20°
2,299	87	1,2 966
273	88	3 116
247	89	265
222	90	414
198	91	563
175	92	712
151	93	861
128	94	4 010
105	95	159
083	96	308
062	97	457
041	98	606
020	99	755
000	100	904
1,980	101	5 053
961	102	202
942	103	351
923	104	500
905	105	649
887	106	798
869	107	947
852	108	6 096
835	109	245
818	110	394
802	111	543
786	112	692
770	113	842
754	114	991
739	115	7 140
724	116	289
709	117	438
695	118	587
681	119	736
667	120	885
653	121	8 034
639	122	183
626	123	332

$\frac{200}{n}$	n	n inv 20°
1,613	124	1,8 481
600	125	630
587	126	779
575	127	928
562	128	9 077
550	129	226
538	130	375
527	131	524
515	132	673
504	133	822
493	134	971
481	135	2,0 120
471	136	269
460	137	418
449	138	568
439	139	717
429	140	866
418	141	1 015
408	142	164
399	143	313
389	144	462
379	145	611
370	146	760
361	147	909
351	148	2 058
342	149	207
333	150	356
325	151	505
316	152	654
307	153	803
299	154	952
290	155	3 101
282	156	250
274	157	399
266	158	548
258	159	697
250	160	846

Tableau III

Multiples	$2\,tg\,20° = 0,727940$	$\frac{200}{\pi} = 63,6620$	$\cos 20° = 0,939693$	Multiples
1	072 794	063 662	093 969	1
2	145 588	127 324	187 939	2
3	218 382	190 986	281 908	3
4	291 176	254 648	375 877	4
5	363 970	318 310	469 847	5
6	436 764	381 972	563 816	6
7	509 558	445 634	657 785	7
8	582 352	509 296	751 754	8
9	655 146	572 958	845 724	9

Tableau IV

τ mm	$\tau/2 \cos 20°$ mm
0,1	0,0 532
15	798
2	1 064
25	330
3	596
35	862
4	2 128
45	394
5	660
6	3 193
7	725
8	4 257
9	789
1,0	5 321

APPLICATION NUMÉRIQUE :
DIMENSIONS D'UN ENGRENAGE CORRIGÉ ET TRACÉ DE SON ÉPURE D'ENGRÈNEMENT (voir fig. 4)

	Relations utilisées	Tableau utilisé	Pignon	Grandeurs	Roue	Unités
Données			20°	φ	Valeurs communes	degrés
			25	μ		mm
			0,6	τ		"
			17	n	64	—
			425	d	1600	mm
			490	e	1640	"
			380	i	1530	"
			+ 7,5	c	− 5	"
Détermination de a		I	39,270	$\frac{\pi\mu}{\tau}$	Valeurs communes	"
		IV	0,319	$\frac{\tau}{\tau \cos\varphi}$		"
			38,951	différence		"
		III	5,460	$2c \operatorname{tg}\varphi$	− 3,640	"
	(1)		44,411	a	35,311	"
Détermination de k		Abaque	2,047	$\frac{e+i}{d}$	1,981	—
			2,8	k'	5,9	—
			3	k	7	—
Détermination de π		I	6,283 2	$(k-1)\pi$	18,850	—
		II	0,253 4	$n \operatorname{inv}\varphi$	0,954	—
	(5)		6,536 6	A	19,804	—
			163,42	$A.\mu$	495,10	mm
			207,83	$A\mu + a$	530,41	"
	(4)	III	195,30	s	498,42	"

III	399,37	b	1503,50	mm
	0,104 5	$\frac{a}{d}$	0,022 07	radian
	0,119 4	$\frac{a}{d} + \operatorname{inv}\varphi$	0,036 97	"
II	11,765	$\frac{200}{n}$	3,125	grades

d'où finalement :

$$\boxed{z = (s\mu + a)\cos\varphi} \qquad [4]$$

en posant $\boxed{s = (k-1)\pi + n \operatorname{inv}\varphi}$ (²) [5]

6° Expression des éléments l, h et l', h' en fonction des angles respectifs u et u'

Sur la figure 1, les secteurs sous tendant les cordes l et l' fournissent les relations :

$$\boxed{y = \frac{l}{\sin u} = \frac{e-2h}{\cos u} = \frac{l'}{\sin u'} = \frac{i+2h'}{\cos u'}} \qquad [6]$$

7° Valeur des angles u et u' en fonction de y

L'angle d'incidence q correspondant au diamètre y est donné par la relation :

$$\boxed{\cos q = \frac{d\cos\varphi}{y} = \frac{b}{y}} \qquad [7]$$

La valeur de u (en radians) est : $\frac{a}{d} + \operatorname{inv}\varphi - \operatorname{inv} q$.

Si nous prenons pour unité le grade, nous aurons donc en remarquant que $u + u' = \frac{200}{n}$ grades :

$$\boxed{u = \frac{200}{\mu}\left(\frac{a}{d} + \operatorname{inv}\varphi - \operatorname{inv} q\right)} \qquad [8]$$

$$\boxed{u' = \frac{200}{n} - u} \qquad [9]$$

DÉTERMINATION DES ÉPAISSEURS ET INTERVALLES A DIVERS NIVEAUX.

	y	$\cos q$ / q	inv. q / $\frac{a}{d}$ + inv φ − inv q	u (grades) / $\sin u$ / $\cos u$	u' (grades) / $\sin u'$ / $\cos u'$	Dent: h / l / $y \cos u$	Creux: h' / l' / $y' \cos u'$
	mm	—	radian	—	—	mm	mm
Pignon	410	0,974 1	0,004 0	7,347	4,418	41,38	13,51
		(13°4')	115 4	0,115 2	0,069 3	47,23	28,41
				993 3	997 6	407,25	409,02
	440	907 7	029 3	5,736	6,029	25,90	28,01
		(24°43')	090 1	0,090 0	0,094 6	39,60	41,62
				995 9	995 5	438,20	438,02
	460	868 2	052 3	4,272	7,493	15,53	37,42
		(23°45')	067 1	0,067 0	0,117 4	30,82	54,00
				997 7	993,1	458,94	456,83
Roue	1560	963,8	006 8	1,923	1,202	40,33	14,85
		(15°28')	030 2	0,030 2	0,018 9	47,11	29,48
				999 5	999 8	1,559,23	1,559,69
	1590	945,6	012 7	1,547	1,578	25,24	29,76
		(18°59)	024 3	0,024 3	0,024 8	38,44	38,43
				999 7	999 7	1,589,53	1,589,51
	1610	933,9	017 2	1,260	1,865	15,16	39,68
		(20°57)	019 8	0,019 8	0,029 3	31,88	47,17
				999 8	999 6	1,609,69	1,605,35

Par ailleurs, on peut écrire :

$$z = \widehat{mr} + \widehat{rp} \text{ avec } \begin{cases} mr = (k-1)\,\pi\,\mu\cos\varphi \\ rp = \left(\dfrac{a}{\mu\,n} + 2\operatorname{inv}\varphi\right)\dfrac{\mu\,n\cos\varphi}{2} \text{ (¹)} \end{cases}$$

(¹) On a posé, selon la désignation courante : $\operatorname{tg}\varphi - \varphi = \operatorname{inv}\varphi$ (fonction « involute »). Une table de la fonction « involute » est donnée dans le « Traité théorique et pratique des engrenages » par G. Henriot, édition, Dunod t. I, pp. 54 à 61.

(²) L'évaluation de s est facilitée par l'emploi du tableau I et, pour $\varphi = 20°$, du tableau III.

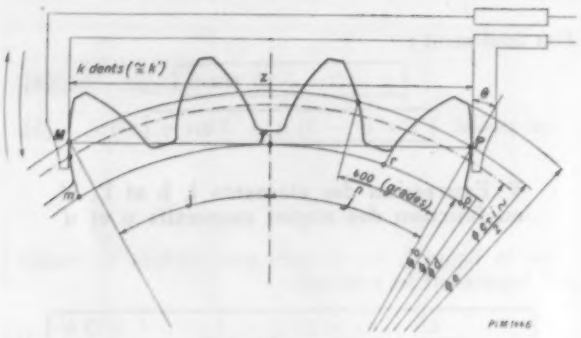


Fig. 2. — Mesure d'écartement sur k dents.

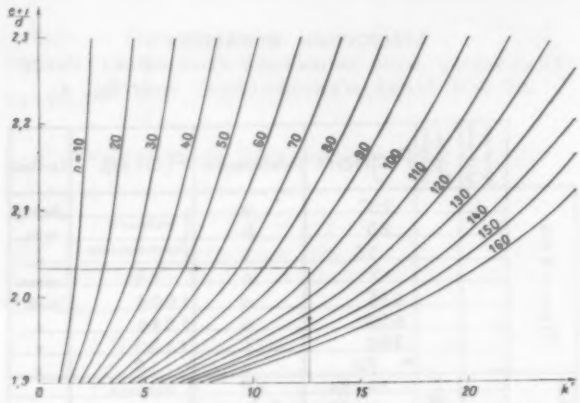
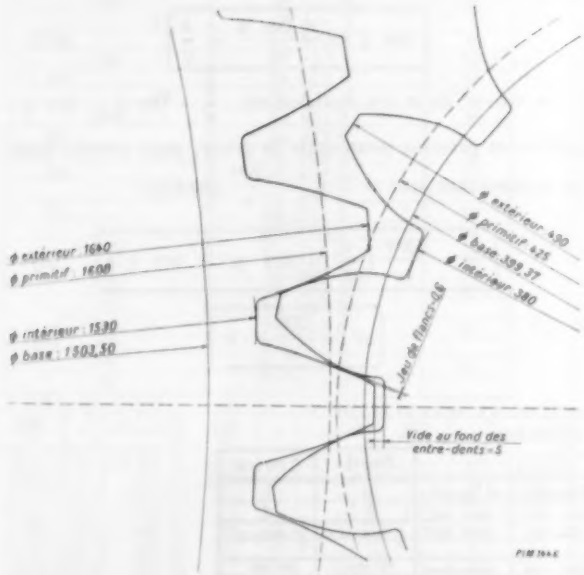


Fig. 3. — Abaque pour la détermination du nombre optimum de dents (k') pour mesure d'écartement.

EXEMPLE D'APPLICATION

Données	Module	μ	mm	8
	Nombre de dents	n	—	97
	Diamètre primitif	d	mm	776
	Diamètre extérieur	e	»	804
	Diamètre intérieur	i	»	773
Caract. déduites	Rapport caractéristiques	$\frac{e+i}{d}$	—	2,032
	Nombre optimum de dents pour écartement	k'	—	12,6
	Nombre choisi de dents pour écartement	k	—	13



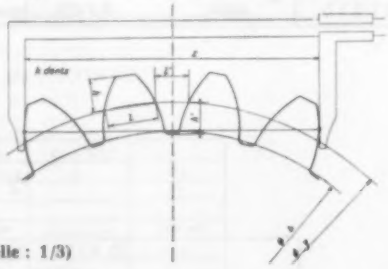


Fig. 4. — Epure d'engrènement (échelle : 1/3)

CARACTERISTIQUES DES DENTURES

Caractéristiques		Unités	Valeur					
			Pignon			Roue		
Angle de pression		degrés			20°			
Module		mm			25			
Jeu de flancs		»			0,6			
Entr'axes		mm			1015			
Nombre de dents		—		17			64	
Diamètre primitif		mm		425			1600	
Diamètre de base		»		399,37			1503,50	
Diamètre extérieur		»		490			1640	
Diamètre intérieur		»		380			1530	
Correction		»		+ 7,5			— 5	
Nombre de dents pour écartement	k	—		3			7	
Mesure d'écartement	z	mm		195,30			498,42	
Diamètre de référence	η	»	410	440	460	1 560	1 590	1 610
Mesure d'épaisseur d'une dent	l	»	47,23	39,60	30,82	47,11	38,64	31,88
Hauteur	h	»	41,38	25,90	15,53	40,39	25,24	15,16
Mesure d'intervalle	l'	»	28,41	41,62	54,00	29,48	39,43	47,17
Hauteur au-dessus du plan de pied	h'	»	13,51	28,01	37,42	14,85	29,76	39,68

8° Conclusion

Si l'on suppose connus : φ, n, d, e i, on pourra dans l'ordre indiqué ci-dessous, déterminer les quantités suivantes :

Grandeurs	Relations utilisées	Tableaux utilisés
a	(1)	I II (¹) III (¹)
k	—	Abaque
s	(5)	I II (¹)
z	(4)	III (¹)
q	[7]	III
inv q	—	Table de la fonction involute.
u	[8]	III
u'	[9]	II
l et l'	[6]	
h et l'	[6]	

puis aux différents niveaux définis par les diamètres y choisis :

(¹) Pour φ = 20° seulement.

N.-B. — *La généralisation au cas d'une correction quelconque a été indiquée par M. G. Henriot, à qui l'auteur tient à exprimer ici sa reconnaissance.*

Bruno Boumard,
Ingénieur à la Société française de Constructions mécaniques.
(Anc. Ets Cail)

Laminoir planétaire pour le laminage à chaud de feuillards d'acier (¹)

Ce laminoir a été construit pour la *Ductile Steels Ltd* par W. H. A. Robertson & Co., Ltd., de Bedford, sous licence de Sendzimir, qui en ont également établi les plans.

Le laminoir planétaire est absolument original dans son principe. Tandis que, par exemple, la réduction de la section par passe est généralement, dans toute installation traditionnelle, de l'ordre de 20 à 30 %, avec un maximum tout à fait exceptionnel de 50 %, une réduction de 90 % par passe est de pratique courante

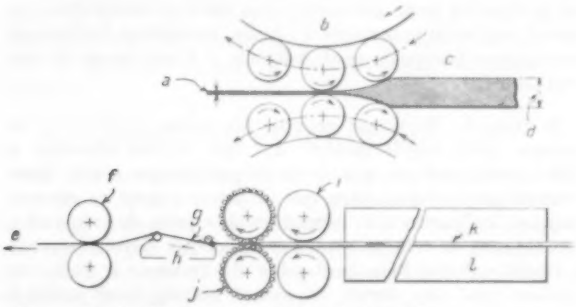


Fig. 1. — Aménagement du laminoir planétaire.
a, Epaisseur du feuillard. — *b*, Cylindres d'appui. — *c*, Cylindres planétaires. — *d*, Epaisseur de la brame. — *e*, Vers l'enrouleur. — *f*, Cylindres d'aplanissement. — *g*, Feuillard. — *h*, Bras du releveur. — *i*, Cylindres poussoirs. — *j*, Cylindres planétaires. — *k*, Brame. — *l*, Four de brame.

dans le laminoir planétaire. Le degré de précision du produit fini est également extrêmement élevé, une brame d'acier de 9,14 m de longueur laminée planétairement ne présentant qu'un maximum de différences d'épaisseur de 0,05 mm. Le principe du laminoir est indiqué par la figure 1.

La réduction est assurée par un nombre relativement élevé de cylindres d'un faible diamètre, également espacés autour des circonférences des deux lourds cylindres d'appui. Ceux-ci et les cylindres de travail correspondants sont montés dans des cages, les uns au-dessus des autres, tout l'ensemble présentant un aspect assez analogue à celui d'un laminoir double duo. Les cylindres sont actionnés électriquement dans la même direction que dans un laminoir duo normal. Les cylindres de travail tournent en sens inverse, et, lorsque la brame arrive vers eux, ils laminent son extrémité en deux arcs. Chaque paire de cylindres de travail effectue dans sa passe une réduction réelle d'environ 0,381 mm de l'épaisseur de la brame. Elle est alimentée, dans le laminoir planétaire, par deux cylindres poussoirs qui assurent aussi une partie de la réduction initiale de la brame. Du côté de la sortie se trouvent deux autres cylindres qui effectuent une passe d'aplanissement du feuillard laminé.

Le laminoir même et le four qui l'alimente ne limitent aucunement la longueur des feuillards. Le bout conducteur de chaque brame est soudé électriquement à la main au bout de la brame précédente afin d'assurer une alimentation continue. Le four étudié et construit pour les besoins du laminoir consiste en dix-huit compartiments séparés marchant à l'huile et disposés en tandem, avec de petits intervalles dans chacun desquels est monté un cylindre d'alimentation actionné par moteur et refroidi à l'eau.

Des thermocouples dans chaque zone de chauffe sont reliés à des pyromètres-enregistreurs du tableau du four, d'où le réglage complet du four est assuré par un simple bouton poussoir. En sortant du four, la brame passe par un décapeur à jets d'eau sous haute pression. A la sortie du décapeur, la brame, qui a une température d'environ 980°C, passe dans les cylindres poussoirs montés dans le laminoir planétaire ; immédiatement à la suite de ceux-ci, viennent les cylindres planétaires où a lieu la principale réduction d'épaisseur des brames. Il y a vingt-six cylindres placés à intervalles égaux autour des deux cylindres d'appui. Les cylindres de travail sont supportés par des roulements à aiguilles dans des paliers portés par des plaques de retenue aux extrémités des cylindres. Les plaques sont constamment synchronisées entre elles afin de maintenir les cylindres de travail en phase l'un avec l'autre. Quand les cylindres « mordent », les plaques peuvent tourner librement, mais quand le laminoir ne lamine pas effectivement, les plaques sont tournées par moteur pour assurer la rotation des cylindres de travail. Dès que les rouleaux « mordent », la commande est automatiquement débrayée des plaques de retenue et les rouleaux de travail sont alors tournés par frottement.

(¹) *Engineering.*

W. L

MÉTALLURGIE

Accidents de trempe des aciers à outils [1]

RISQUES DE TREMPE

Les propriétés des aciers à outils, poussées à l'extrême limite par l'introduction d'éléments spéciaux, exacerbées par des traitements thermiques violents, par la rigueur des modifications moléculaires brutales, ne sont pas sans entraîner de très gros risques.

Tous les aciers à outils sont extrêmement sensibles à la trempe ; aussi, les rebuts d'outillage étant très onéreux, convient-il de connaître les principales règles à suivre et de s'entourer de toutes les précautions pour que, malgré les difficultés du traitement, on soit absolument sûr du bon résultat de l'opération.

Un bon trempeur d'outillage doit considérer le rebut d'un outil à la trempe comme la conséquence d'une faute professionnelle, au même titre qu'un tourneur qui « loupe » la cote d'une pièce. La cause d'un insuccès est quelquefois indirecte, mais il faut toujours la rechercher, pour en éviter la répétition. Il est anormal de recommencer des erreurs qui ont déjà conduit à des désastres.

Un outil représente une valeur métal, doublée d'une valeur usinage, souvent importantes, et c'est le traitement thermique qui reste, en dernier ressort, le couronnement ou l'anéantissement de cette possibilité de production, qui a exigé généralement beaucoup de soins.

L'étude des facteurs prédisposant les outils aux accidents moléculaires a fait l'objet de travaux savants, de la part d'ingénieurs métallurgistes éminents. Notre rôle, comme toujours, est de nous cantonner dans le domaine des applications pratiques. Il s'agit moins pour nous, à l'atelier, d'expliquer scientifiquement ces phénomènes, que d'éviter leurs redoutables conséquences.

La technique est d'ailleurs en parfait accord avec la pratique industrielle sur cette vérité essentielle : les tapures, criques et autres éclatements moléculaires se produisent surtout au cours du refroidissement, si toutefois la matière n'est pas déjà affectée ou contrainte avant le chauffage.

Deux moyens doivent donc être conjugués pour éliminer tous les risques :

1° Préparation favorable de l'acier, y compris le chauffage avant trempe.

2° Refroidissement conforme à la vitesse critique de trempe.

CONDITIONS D'EMPLOI DES ACIERS A OUTILS

Nous avons vu précédemment que l'acier à outils est destiné à trois grandes catégories d'emplois :

— Aciers au carbone dur auxquels se rattachent les aciers fondus soit au chrome, ou au tungstène et les aciers « sans retrait » pour tout l'outillage courant. Le chauffage avant trempe de ces aciers est compris entre 780 et 820°C.

— Aciers pour outils de choc, riches en chrome, dont la température de trempe atteint 950-1 000°C.

— Aciers rapides au chrome-tungstène, pouvant être additionnés de cobalt ou autres éléments et qui sont destinés aux travaux à très grande vitesse de coupe. Le chauffage s'effectue alors entre 1 250°C et 1 330°C suivant la nuance.

1° Dans le premier groupe, les aciers carbone dur ou les fondus sont sensibles à la surchauffe qui provoque de la cristallisation et de la fragilité ; ils sont très susceptibles au refroidissement brusque et prennent la trempe énergiquement à basse température. Il s'ensuit que ces aciers « tapent » facilement, en particulier dans les angles vifs et les sections minces. La forme des outils doit être conditionnée en conséquence. Lorsque l'outil est trop dentelé et qu'il n'est pas possible de modifier sa forme, il est nécessaire de choisir un acier « sans retrait » qui, par simple trempe à l'huile, permet d'atteindre une dureté de 65-66 Rockwell C sans risque. Une anomalie très curieuse est à signaler pour ces aciers qui, bien qu'insensibles au retrait par trempe correcte à l'huile, présentent facilement des criques lorsqu'ils sont refroidis à l'eau après revenu vers 200°C.

2° Dans le deuxième groupe, les aciers à 13-15 % de chrome sont indéformables. Le fait de les chauffer à 950-1 000°C indique que le principal danger réside dans l'oxydation à chaud, bien que la haute teneur en chrome s'oppose en partie à la formation de « peau de crapaud ». Les tapures de trempe sont à craindre par refroidissement à l'huile ; il est bien préférable de tremper à l'air ; on obtient ainsi une dureté dépassant 200 kg/mm² jointe à une ténacité bien meilleure.

3° Dans le troisième groupe, toute la difficulté de la trempe provient de la température très élevée à laquelle il faut chauffer, pour provoquer la dissolution complète des carbures complexes, au point que la surface du métal pétille et semble entrer en fusion. Les défauts inhérents à ce procédé de trempe sont de toute évidence : les déformations, la décarburation et l'oxydation ; il est difficile de maintenir des angles de coupe, des taillants intacts ; il y a toujours un peu d'effondrement du métal semi-pâteux. Par trempe au bain de plomb à 550°C ou au jet d'air bien sec, il ne se produit jamais de tapures avec un acier rapide sain. Rappelons que le revenu de dureté secondaire à chaud, entre 550 et 580°C durant une heure, augmente la dureté, tout en améliorant la ténacité des arêtes de coupe, qui ne s'effritent jamais.

PRÉPARATION DE L'ACIER

La précaution la plus élémentaire commande d'éliminer d'abord, avant la trempe, toutes les causes possibles d'accidents.

[1] Voir d'autres articles du même auteur, consacrés aux traitements thermiques des aciers à outils dans *La Pratique des Industries Mécaniques*, t. XXXVI, n° 4 (avril 1953) p. 99, n° 6 (juin 1953) p. 177, t. XXXVII, n° 1 (janvier 1954) p. 16, n° 2 (février 1954) p. 39, n° 11 (novembre 1954) p. 369 et t. XXXVIII, n° 1 (janvier 1955) p. 1.

Il faut être très difficile sur la qualité des aciers à outils, choisir des marques réputées par la pureté de leurs produits. Le facteur prix matière joue peu sur la valeur finale d'un outil, comparé à son rendement.

Rappelons que la réception doit être méthodiquement conduite pour déceler les défauts de surface, l'hétérogénéité structurale, la régularité de la composition chimique d'une livraison à une autre.

Le sectionnement des barres d'aciers à outils doit obligatoirement se faire par tranchage à chaud ou tronçonnage à l'outil. L'entaillage à froid provoque des amorces de criques au forgeage ou de tapures à la trempe.

Le forgeage doit être conduit avec modération en évitant la brûlure ou la surchauffe ainsi que le martelage trop froid, générateur de micro-tapures qui se révèlent ensuite à la trempe. Remplacer le forgeage par un façonnage à l'outil est souvent une sage mesure.

ÉGALISATION DES TENSIONS

Quel que soit l'état initial de l'acier, il est recommandé de procéder à un recuit avant trempe pour uniformiser les tensions provenant du forgeage ou de l'usinage, et qui entraînent des déformations et des tapures au cours du durcissement.

Ce recuit doit être conduit lentement, uniformément dans toute la masse, en vase clos, et à une température voisine de celle qui est adoptée pour la trempe. L'efficacité de ce recuit dépend en outre du refroidissement qui doit s'effectuer lentement et à l'abri de l'air.

Pour stabiliser parfaitement la matière, il convient de procéder au recuit après ébauche de l'outil ; les déformations seront alors corrigées par l'usinage final qui se fera en fines passes, pour ne pas provoquer de nouvelles tensions.

SURCHAUFFE ET DÉCARBURATION

Par leur nature même les aciers à outils à teneur élevée en carbone sont sensibles à la surchauffe et à la décarburation, lorsqu'ils sont chauffés sans précaution, en présence de gaz oxydants, ce qui produit une diminution de dureté superficielle et un grossissement du grain augmentant la fragilité.

Quand la température normale de trempe a été dépassée, l'outil s'écaille en service au moindre effort : il se gauchit et présente plus facilement des tapures. Comme remède, il faut recuire en vase clos avec un enrobage, laisser refroidir et réchauffer de nouveau pour retremper à température correcte. Si la surchauffe est fortement prononcée la texture est à grains grossiers et brillants ; dans ce cas, avant de pratiquer ce recuit, il faudra régénérer par double trempe : la première à l'air, à une température supérieure de 50 degrés à la température de trempe, suivie d'une deuxième trempe à l'huile à la température normale. En cas de tapures, l'outil est hors d'usage.

Ces graves défauts se combattent facilement par l'emploi de bains de sels ou de fours à atmosphère neutre à température constamment étalonnée. Le bain de sel légèrement cyanuré est très intéressant pour la trempe des aciers carbone dur et fondu ; la température est homogène, facile à régler, la décarburation est impossible et les déformations sont réduites au minimum.

Lorsque le matériel fait défaut, on peut prévenir la décarburation et l'oxydation superficielle en protégeant les outils pendant la chauffe à l'aide de produits appropriés.

Les enrobages ne doivent avoir aucune action chimique défavorable sur le métal et ne pas adhérer à la surface après trempe. On utilise du charbon de bois pour chauffage jusqu'à 850°C ; du fin coke criblé pour des températures atteignant 1 300°C ; il faut dans ce cas épurer préalablement le coke du soufre qu'il peut contenir par chauffage à 1 200°C. Pour le réchauffage vers 950°C, on emploie deux parties de sable à gros grains bien sec et une partie de charbon de bois concassé.

Pour conserver les surfaces intactes, on emploie aussi des enduits qui doivent pouvoir se détacher par simple brossage après trempe et ne pas se fendiller, ni se boursoufler au cours du chauffage. Voici quelques-uns de ces enduits qui se sont révélés pratiques à l'usage et que l'on applique sur des surfaces exemptes d'huile ou d'oxyde :

— Pâte formée de talc et d'alcool, pour chauffage à feu nu à 850-900° C maximum, suivi d'une trempe à l'air ou à l'huile.

— Mélange à parties égales d'acide borique et de chlorure de baryum agglutinés par de l'alcool et employé sous forme de pâte pour chauffage jusqu'à 900°C environ.

— L'acide borique anhydre étendu sur une pièce chauffée au rouge sombre constitue un écran imperméable au gaz de la combustion jusqu'à 950°C environ.

Une solution à saturation de chlorure de baryum dans l'eau, étendu sur la pièce et séchée, constitue un moyen de protection de l'acier rapide à 1 250-1 300°C.

Rappelons aussi que les aciers rapides doivent toujours être chauffés dans le temps le plus réduit possible, après dégourdissage à 850°C lent et dans la masse.

AUTRES DÉFAUTS DE TREMPE

Quand la température de chauffage est insuffisante, l'acier ne durcit pas et on incrimine souvent la qualité du métal. Avant de se prononcer, il est sage de recommencer l'opération en contrôlant parfaitement la température du four et celle du liquide de trempe.

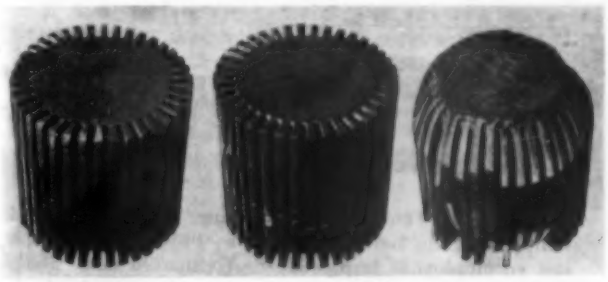


Fig. 1. — Tapures de trempe.
A gauche : Pièce chauffée et trempée correctement.
Au milieu : Pièce chauffée correctement mais ayant subi une trempe à température un peu trop élevée.
A droite : Pièce ayant subi une chauffe trop rapide et trempée à une température trop élevée.

Quand il y a inégalité de chauffe et que la partie massive d'un outil n'a pas atteint la température de trempe, on constate une dureté irrégulière allant de l'état non trempé dans la masse jusqu'à l'écaillage des angles vifs. Les sections minces se transforment en martensite avec augmentation de volume et contraction brutale, ce qui détermine des tensions internes suffisantes pour provoquer des tapures (fig. 1).

Quand la réfrigération du liquide de trempe est insuffisante, l'énergie de la trempe est tempérée par la température trop élevée du bain ; la lime mord par place et la

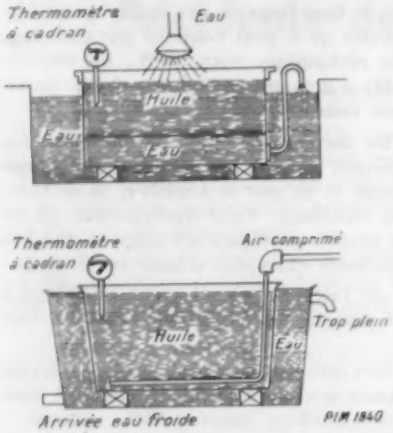


Fig. 2. — Réfrigération des bains d'huile de trempe.

texture est incomplètement transformée. Il faut alors recommencer le traitement dans un bain de trempe plus énergique en augmentant le débit, le remous et en prenant la précaution d'y installer un thermomètre à cadran (fig. 2).

TAPURES

Quant au contraire l'outil est fragile dans son ensemble et qu'il se produit des tapures jusque dans la masse, c'est que la trempe est trop brutale. Les tapures seront évitées dans une large mesure en ralentissant le refroidissement, aussitôt que la martensite est formée : c'est l'une des règles essentielles qui constituent l'art du trempeur d'outillage. Pour un durcissement donné, la meilleure trempe sera toujours la plus douce ; il n'y a aucune raison de tremper à l'eau un outil suffisamment résistant par trempe à l'huile.

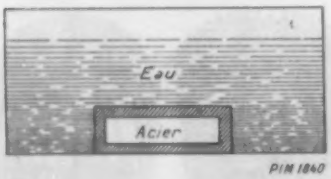


Fig. 3. — Trempe interrompue. Principe de M. H. Le Chatellier.

On atténue l'énergie de la trempe, soit en élevant la température du liquide de trempe, l'hiver par exemple, soit en employant le procédé de trempe en deux phases ou la trempe interrompue, ou encore le procédé de Le Chatelier qui consiste à tremper dans un bain de volume proportionnel à celui de la pièce (fig. 3).

C'est ici que la trempe isotherme, ou par étapes, permet les plus intéressantes applications.

Les aciers à outils trempés sont dans un état moléculaire instable qui les rend extrêmement fragiles ; il arrive que des éclatements moléculaires se produisent plusieurs heures après la trempe. Aussi est-il très recommandé de pratiquer le revenu aussitôt après la trempe. Des outils trempés le soir doivent subir une légère détente à 200°C si le temps ne permet plus d'effectuer le revenu normal tout de suite.

D'autres facteurs interviennent qui contribuent à éliminer les tapures : homogénéité initiale du métal, régularité du chauffage, pénétration de la trempe, etc...

AMORCES DE TAPURES

Parmi les facteurs défavorables il faut réserver une mention spéciale aux amorces de tapures.

L'acier à outils présente parfois de véritables lésions internes ou des défauts physiques provenant du laminage,

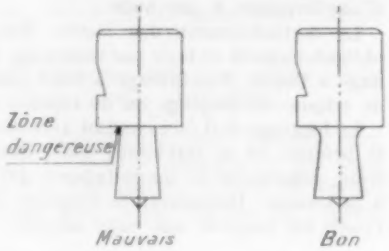


Fig. 4. — Poinçon de débouchage.

du forgeage, du matriçage qui constituent des amorces de rupture et qu'il vaut mieux déceler avant la trempe. On emploie l'essai au son, le pétrolage suivi d'un sablage, l'attaque dans l'acide azotique au 1/10 ou le métalloscope qui utilise le procédé magnétique ; des ateliers importants examinent même leurs outils par radiographie.

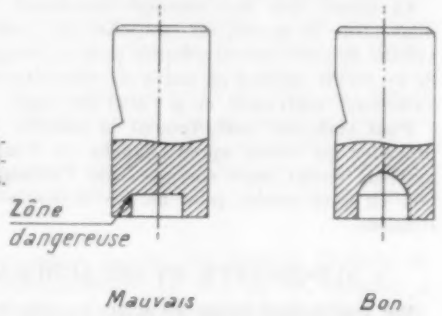


Fig. 5. — Poinçon pour refoulement de cuvettes.

Les amorces de tapures proviennent aussi de la mauvaise conception de la forme des outils. Un dessinateur doit chercher à faciliter le traitement thermique de l'outil qu'il étudie, de manière à ne pas lancer un avorton, condamné à mourir avant même d'être entièrement viable.

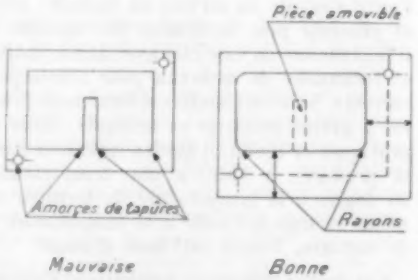


Fig. 6. — Matrice de découpage.

C'est le cas de certains outils mal conçus qui tapent irrémédiablement à la trempe. Une collaboration constante doit exister entre le bureau d'études et l'atelier de traitements thermiques pour que tout outil de forme dangereuse soit modifié (voir fig. 4 à 8).

Voici quelques règles élémentaires qui, bien que connues, ne sont pas assez appliquées :

— Remplacer les angles vifs par des rayons ;

— Eviter les sections de moindre résistance ; remplacer les parties saillantes par des changements de section progressifs ; au besoin les parties minces seront constituées de pièces indépendantes, amovibles.

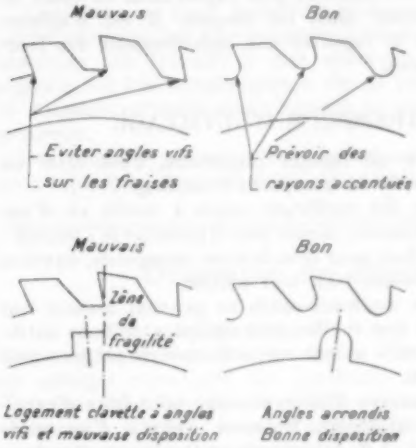


Fig. 7. — Mauvaises et bonnes conceptions d'une fraise.

Percer les trous de fixation des matrices, gabarits, etc., en pleine masse et non pas près des angles.

Eliminer les trous borgnes à fonds plats.

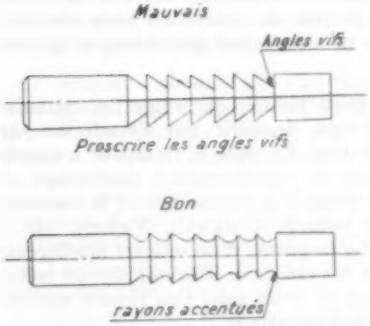


Fig. 8. — Mauvaise et bonne conception d'une broche à mandriner.

Lorsque, malgré une étude attentive de ces causes, il n'a pas été possible de faire disparaître certaines amorces de tapures, on peut protéger les angles vifs et les parties minces par de l'amiante, des enveloppes en tôle, des bobinages en fil de fer ; on peut aussi obturer les trous avec des bouchons provisoires en acier doux, de la glaise, de la chaux en pâte ou des matières réfractaires.

DISTORSIONS ET REDRESSAGE

Les principaux facteurs qui déterminent les distorsions et les déformations permanentes sont :

— Tracé irrégulier des formes et mauvaise répartition dimensionnelle ;
— Instabilité moléculaire due à des tensions internes ;
— Coefficient de dilatation élevé qui accroît les tensions ;
— Hétérogénéité des températures liée à une faible conductibilité calorifique ;
— Augmentation de la vitesse de chauffage et de refroidissement.

En plus du choix de l'acier et de la constance de ses qualités, il faut veiller à une vitesse régulière et pas trop rapide du chauffage, au sens d'immersion de la pièce chauffée et à son agitation dans le liquide de trempe.

Ces points-clés étant acquis, on se rend compte alors que si les distorsions des outils à la trempe ne peuvent pas toujours être évitées, il est certainement possible de les réduire et de les asservir, en les rendant systématiquement semblables d'un outil à un autre, au point que l'on pu sse en tenir compte à l'usinage et qu'elles ne constituent plus une gêne sérieuse pour la fabrication.

Pour localiser les déformations et les minimiser le plus possible, on peut prévoir des montages spéciaux, ce qui a pour résultat de rendre l'opération de trempe indépendante de l'ouvrier. C'est le principe de la trempe mécanisée, dont les applications sont variables et nécessitent une étude distincte dans chaque cas (lames de scies, forets, broches à mandriner, fleurets de mines, etc...).

Parmi les recommandations courantes qu'il est bon de rappeler, indiquons que, pour la trempe d'outils ou de barreaux en longueur, il est plus normal de chauffer verticalement et de refroidir de même.

En règle générale, la déformation minimum correspond à l'immersion de la pièce du côté le plus faible. Une autre règle logique nous indique qu'un refroidissement brutal occasionne des contractions moléculaires violentes, agissant de façon pernicieuse sur la forme des outils.

Il faut aussi éviter de tremper plusieurs fois le même acier, ce qui a pour effet défavorable d'ajouter de nouvelles déformations chaque fois.

D'autre part, en ce qui concerne le redressage, il est évident que cette opération ne peut absolument pas se faire par flexion ; l'acier trempé à cœur ne peut supporter, sans se rompre, une contrainte au-dessus de sa limite élastique.

Pour les aciers rapides, le redressage peut avoir lieu dès la sortie de la trempe par étapes, alors que le métal est encore à une température de 560°C environ. On peut aussi redresser après le revenu de dureté secondaire à chaud, qui s'effectue à la même température. Dans cet état, l'acier rapide, bien que trempé, se laisse redresser, mais la marge de température utilisable n'est pas large et il faut parfois réchauffer à plusieurs reprises vers 560°C avant d'obtenir la rectitude parfaite de l'outil.

Sur l'ensemble des aciers à outils trempés, y compris les aciers fondus et assimilés, on emploie dans certaines fabrications le redressage, après réchauffage vers 200 à 220°C, à l'aide d'un marteau-piquette en acier extrêmement dur, résistant au choc, du genre 15 % de chrome et à 1,8 % de carbone.

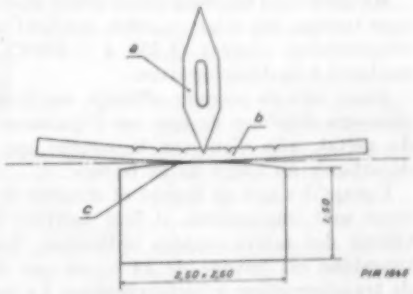


Fig. 9. — Redressage à la piquette des aciers à outils trempés. *a*, Marteau-piquette en acier trempé extra dur. - *b*, Pièce trempée et déformée chauffée à 200°C pour acier fondu, et à 580°C pour acier rapide. - *c*, Tas légèrement bombé.

On allonge le côté « creux » par une succession de petits crans, avec la tranche de la piquette, en plaçant le côté « bosse » sur un tas massif légèrement bombé (fig. 9).

C'est ainsi que l'on procède pour le redressage des lames de cisaille, avant leur rectification.

Ce procédé présente un inconvénient, puisque les coups de piquette subsistent sur l'outil fini, mais à condition qu'on n'entaille pas l'angle de coupe, les marques ne causent aucune gêne.

Il faut toutefois prêter attention au risque de blessure par les éclats d'acier dur ; il est indispensable de se munir de lunettes et de gants.

CRIQUES APRÈS RECTIFICATION - AFFUTAGE

Un outil correctement traité peut très bien devenir inutilisable par un meulage mal conduit. Ceci paraît un paradoxe pour les aciers rapides qui ont la faculté de conserver leur dureté sous des échauffements violents pouvant atteindre 600°C. Il est cependant prouvé que les aciers rapides, en raison de leur faible conductibilité thermique, se criquent très facilement sous l'effet d'un meulage brutal.

Ce défaut est fonction de nombreux facteurs : nature de l'abrasif, vitesse périphérique, avance, serrage, lubrification... En général, la vitesse linéaire des meules doit être de vingt-cinq mètres par minute ; la réduction de la vitesse permet d'utiliser des meules d'un grade légèrement plus élevé.

L'avance de la meule, en rectification plane, varie de 1 à 5 m/mn. Pour la rectification des outils cylindriques, leur vitesse périphérique peut être d'environ 12 m/mn. La profondeur de passe dépasse rarement 0,04 mm, la face rectifiée ne devant pas s'échauffer au-dessus de 30°C.

Les meules à gros grains, présentant une grande porosité, permettent l'échappement facile des fins copeaux et réduisent ainsi l'échauffement. Pour un acier dur à outils, on utilise donc des meules poreuses. Les meules à grains fins ont l'inconvénient de se lustrer ; elles glissent sur la pièce, sous une forte pression, avec une élévation de température d'autant plus élevée que la surface de contact entre la pièce et la meule est plus grande. C'est pourquoi le surfaçage des outils provoque plus de craquelures que la rectification cylindrique.

Si on essaie d'enlever par meulage les craquelures superficielles, elles continuent à se développer en profondeur. Il faut détremper l'outil, enlever les défauts et le retremper ensuite.

L'arrosage doit être abondant et dirigé entre la pièce et la meule. Un mince filet d'eau est plus dangereux que le meulage à sec. Si le lubrifiant est mal dirigé, la force centrifuge de la meule le projette en pure perte.

Malgré toutes les précautions prises au cours du chauffage pour trempe, les aciers rapides, qui sont toujours portés à températures élevées (1 250 à 1 300°C), ont facilement tendance à la décarburation.

Aussi, lors du premier affûtage, est-il indiqué de meuler plusieurs dixièmes de mm sur l'épaisseur, ou le diamètre du métal, afin d'enlever la couche qui aurait pu être décarburée au cours de la trempe.

Lorsqu'il s'agit de fraises et d'outils de forme, dont les cotes sont impératives, il faut sacrifier le rendement et choisir des aciers rapides ordinaires, dont la teneur en tungstène est voisine de 14 %, ce qui diminue le point de transformation à l'échauffement. La trempe peut alors s'effectuer entre 1 150 et 1 200°C, ce qui permet de conserver la surface parfaitement intacte.

Il est préférable que l'affûtage à la meule se fasse dans le sens opposé à celui du taillant de l'outil, afin d'atténuer le risque de brûlure.

Les meules qui conviennent le mieux pour l'affûtage des outils trempés sont : 46 J pour l'ébauche et 60 J pour la finition. Il est généralement plus indiqué d'employer des meules vitrifiées, plutôt que des meules à liants agglomérés, qui s'échauffent plus rapidement en cours de travail, augmentant ainsi les risques. Il est d'ailleurs toujours bon de se reporter aux spécifications des fournisseurs de meules.

LE TREMPEUR D'OUTILLAGE

Enfin, il reste un facteur important, c'est celui du personnel chargé de la trempe de l'outillage.

En possession des meilleurs aciers à outils et d'une installation convenable, encore faut-il posséder le « vouloir » et le « faire ». Il faut pour cela de bons trempeurs, ouvriers qualifiés, connaissant bien leur métier.

Les meilleures machines-outils ne peuvent assurer leur plein rendement que si elles sont équipées de bons outils. La trempe des outils a donc une influence de premier plan sur la production.

S'il faut des années d'apprentissage pour faire d'excellents tourneurs, ajusteurs, fraiseurs... nantis d'un solide bagage technique et de connaissances théoriques étendues, il est tout aussi difficile de former de bons ouvriers trempeurs.

Dans ce domaine, la routine et la fantaisie ont trop longtemps tenu la place des règles et des lois métallurgiques. L'époque des secrets de trempe est bien révolue ; ces soi-disant secrets ne couvraient généralement qu'une grossière ignorance.

La trempe est un beau métier, qui exige des connaissances précises qu'il faut acquérir par l'étude et par l'expérience devant le four. Lorsque le trempeur a appris et bien compris les lois de transformation moléculaire et de vitesse critique de trempe, la pyrométrie et la conduite des fours, les essais Brinell, Rockwell, Vickers, etc..., qui sont parfaitement à la portée d'un ouvrier intelligent, il comprend les causes des réactions défavorables du métal au cours du traitement et peut ainsi s'en rendre maître, d'une façon presque mathématique.

Il faut donc que le trempeur ait une certaine instruction, qu'il soit capable de lire et de s'intéresser à la technologie de son métier.

Le trempeur doit aussi connaître ou comprendre l'usage des outils qu'il traite, ce qui lui permet d'adapter la trempe et le revenu au travail de coupe, qui n'est pas le même pour : tarauds, alésoirs, lames de scies, fraises, mèches, molettes, outils de tour ou de rabot...

Connaissant bien son métier, il pourra alerter le service des études sur les outils mal conçus, présentant des risques de tapures ou de déformations.

En outre, le trempeur doit avoir, plus que tout autre compagnon mécanicien, de la probité professionnelle, puisque la structure finale d'un acier trempé ne peut en général se révéler d'une façon aussi positive qu'une cote « loupée » par un tourneur, par exemple. On peut, en effet, fournir des duretés acceptables avec des structures anormales et il n'est évidemment pas possible de micrographier ou de rompre chaque outil pour s'en rendre compte. Le rendement de l'outil et sa longévité en sont certainement affectés, mais comme il y a aussi d'autres causes en jeu, le trempeur ne peut pas être seul incriminé et il le sait.

Aussi est-ce à lui d'attribuer au facteur trempe la part de succès ou d'échecs qui lui revient et, en conséquence, d'apporter le maximum d'attention et de soin à son propre travail.

Ainsi donc, en toute honnêteté professionnelle, le trempeur d'outillage doit être méticuleux, convaincu de l'importance de son travail ; il doit observer strictement les règles et les lois métallurgiques. On ne peut innover dans ce domaine qu'après essais répétés et avec beaucoup de prudence.

Des soins, de l'attention, du jugement sont ici nécessaires, pour reproduire avec régularité le processus optimum qui aura produit les meilleurs résultats aux essais, comme à l'usage.

Pour réaliser ces conditions, il faut être dénué de tout préjugé, désireux de perfectionner sans cesse son métier et animé du désir de réaliser, sans discontinuer, la constance dans la qualité.

G. DE SMET,
Chef des Traitements thermiques à la Compagnie Générale de Moteurs.
Professeur de Métallurgie à l'E.S.P. de Lille.

Dispositif de dépoussiérage de l'air à grand rendement [1]

Une soufflante fonctionnant avec de l'air pris au sein d'une agglomération industrielle ne tarde pas à avoir ses aubages recouverts des particules de toutes sortes contenues dans l'air, et, de ce fait, son rendement baisse d'environ 1 % ; dans le cas d'une installation de turbine à gaz, cela entraîne une diminution de 1 % de la puissance disponible sur l'arbre et de 3 % de la puissance maximum de l'installation. Une pareille chose étant inacceptable, il a fallu chercher à y remédier : Après essai de divers procédés, il a été reconnu que la seule solution possible était d'opérer un dépoussiérage total de l'air avant aspiration par la soufflante.

Le volume d'air qui doit être ainsi traité est considérable (pour un groupe de 50 MW, ce volume atteint plus de 14 000 m³ par minute), ce qui constitue une première difficulté ; à cela s'ajoutent encore les conditions suivantes :

— Les particules dont l'air doit être débarrassé sont extrêmement tenues (de l'ordre de 1 micron), et consistent principalement en carbone pur, en huiles diverses, etc...

— La concentration de ces particules est extrêmement élevée (de l'ordre de 0,3 mg/m³).

— Si la perte de rendement du groupe due à l'encrassement des aubages de la soufflante ne dépasse pas 1 %, il faut utiliser des dépoussiéreurs ayant eux-mêmes un rendement d'au moins 99,9 %.

— Les particules de toutes sortes qui s'accumulent dans le dépoussiéreur doivent être évacuées automatiquement au cours du fonctionnement.

— L'appareil employé doit être d'un prix de revient modéré.

Après étude de l'ensemble de ces problèmes, on a reconnu que le seul appareil qu'il était possible d'employer était un appareil du type électrostatique, et les recherches ont été concentrées sur un dépoussiéreur Cottrel avec anode recouverte d'un film d'eau et mise à la terre, ayant pour but de capter les particules de carbone. Deux appareils expérimentaux ont été construits, l'un pour exécuter des essais d'une durée limitée à quelques heures en laboratoire, dans une atmosphère polluée artificiellement, l'autre pour des essais prolongés sous la toiture d'un bâtiment. Ces derniers essais ont permis de se rendre compte que le film d'eau, non seulement assure la captation de toutes les particules de carbone, mais, en outre, empêche la formation de suie sur le fil à haute tension disposé dans l'axe de l'appareil : C'est ainsi que ce fil est resté propre pendant 2 000 heures.

Bien que dans des conditions différentes, les deux appareils ont fourni des résultats à peu près semblables quant au rendement, évalué par la méthode bien connue de l'essai de noircissement (qui consiste à mesurer le temps nécessaire pour réaliser un noircissement déterminé soit avec l'air purifié par le dépoussiéreur, soit avec l'air non traité), et qui s'est avéré excellent. Il faut d'ailleurs remarquer qu'il dépend théoriquement de quatre variables : Le diamètre de l'appareil, sa longueur, l'intensité du champ électrostatique et la vitesse de l'air, mais qu'en pratique, pour des valeurs données du champ et de la vitesse de l'air, c'est le rapport de la longueur au diamètre qui intervient. Par ailleurs, le champ électrostatique dépend lui-même de bien des paramètres : section de l'appareil, etc...

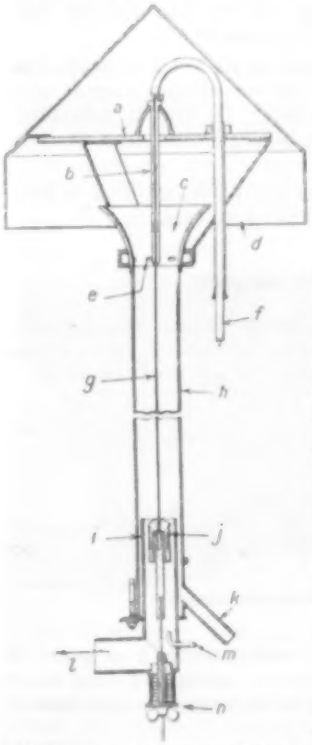


FIG. 1. — Disjonction générale du dépoussiéreur d'essai.
a, Disque en «Tufnol». — *b*, Tube en matière plastique. — *c*, Entrée de l'air. — *d*, Enveloppe métallique. — *e*, Six orifices pour le passage de l'eau. — *f*, Canalisation à haute tension. — *g*, Fil à haute tension (négative). — *h*, Tube principal 3 O.D. (mis à la terre). — *i*, Tube collecteur d'eau. — *j*, Isolateur. — *k*, Tube pour l'évacuation de l'eau. *l*, Sortie de l'air. — *m*, Tube témoin. — *n*, Dispositif pour tendre le fil.

Enfin, il convient de noter encore que la consommation du dépoussiéreur d'essai a été particulièrement élevée (412 Wh par 1 000 m³ d'air traité, avec un rendement de 99,9 %), mais que cela provient du mode de constitution, simplifié à dessein, des appareils essayés ; en fait, plusieurs dispositions permettront de remédier à cet inconvénient.

P. U.

[1] *The Engineer.*

MÉTROLOGIE

Echantillons de rugosité superficielle

Les surfaces métalliques obtenues par les procédés d'usinage habituels présentent le plus souvent des variations de rugosité considérables qui se manifestent même sur des pièces réalisées dans des conditions aussi identiques que possible ; elles se présentent aussi, sur une seule pièce, entre les différents points de sa surface.

Il en résulte une grande difficulté à réaliser des échantillons conventionnels de rugosité moyenne égale à la rugosité nominale choisie. De plus la dispersion introduit une incertitude dans la définition de l'échantillon.

Aussi a-t-on cherché de longue date à réaliser des échantillons justes et sans dispersion excessive, par des procédés originaux. La société anglaise *Taylor Hobson* s'est orientée par exemple vers le verre gravé chimiquement. La *General Motors* américaine a réalisé une machine spéciale pour tracer sur or des profils en V, à angles vifs.

Dans les deux cas on a fait appel à des techniques ou des machines spéciales, la matière utilisée n'ayant ni le brillant ni la couleur de l'acier. De plus le microprofil obtenu ne présente aucune analogie avec celui des surfaces réelles.

La présente note se rapporte à des échantillons de tournage ne présentant pas ces inconvénients.

Solution adoptée

Les pièces réalisées par l'Atelier de Précision du *Laboratoire central de l'Armement* sont des cylindres d'acier cémentés, trempés, stabilisés. On est ainsi assuré de la

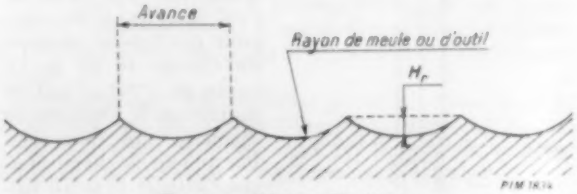


Fig. 1. — Microprofil obtenu

grande dureté superficielle, indispensable à ce genre de pièces. Le microprofil obtenu est analogue à celui représenté par la figure 1, profil de tournage sans arrachement de métal.

Le profil est obtenu par rectification à la meule sur une machine à rectifier les filetages. L'équipement normal de cette machine comprend un dispositif d'affûtage permettant de donner à la partie utile de la meule les rayons nécessaires. L'avance étant déterminée, il suffit de calculer le rayon par la formule :

$$R = \frac{a^2}{8\,H_r} + \frac{H_r}{2}$$

R, Rayon de meule. — a, Avance. — H_r, Profondeur.

Le terme $\frac{H_r}{2}$ peut en général être négligé.

Le tableau suivant reproduit des résultats obtenus pour une avance de 0,5 mm.

Valeur nominale 26μ (Rayon de meule 1,2 mm).

Pièce n°	1	2	3	6	7
H_r = profondeur des stries (moyenne de 20 mesures)	26,1	25,7	25,3	25,8	25,5

La valeur moyenne de l'écart de H_r, par rapport à la valeur nominale est de 0,4μ, la valeur maximum étant de — 0,7μ.

La valeur moyenne de l'étendue des mesures sur chaque pièce, pour les cinq pièces en cause, est de 3μ, la valeur maximum étant 3,7μ.

Valeur nominale 30μ.

Pièce n°	4	5	8	11	12
H_r = profondeur des stries (moyenne de 20 mesures)	29,8	30,7	29,2	28,8	29,1

La valeur moyenne de l'écart de H_r avec la valeur nominale est de 0,7μ, la valeur maximum étant — 1,2μ.

La valeur moyenne de l'étendue des mesures sur chaque pièce, pour les cinq pièces en cause, est de 3,4μ, la valeur maximum étant 3,7μ.

Conclusion

Les résultats obtenus paraissent satisfaisants pour les deux valeurs 26μ et 30μ.

Il est possible d'utiliser les échantillons de deux façons :

a) Directement comme échantillons de précision, en raison de la simplicité et de la fiddélité du procédé d'usinage.

b) Par reproduction par moulage en vue d'obtenir des échantillons à bas prix de revient (prise d'une empreinte négative de l'échantillon, puis d'une empreinte positive de ce négatif mécaniquement ou électrolytiquement).

A. Mirau.

Ce qui se publie à l'étranger

Nous prions nos lecteurs de se reporter, ci-après, dans les pages numérotées en chiffres romains, à notre rubrique : « Ce qui se publie à l'étranger » où ils trouveront des analyses d'articles sélectionnés.

Quatrième Exposition européenne de la Machine-Outil
Le matériel présenté

(suite [1] et à suivre)

SIGMA

La **Sigma instrument Co Ltd** exposait de nombreux instruments de précision dont quelques-uns concernent le contrôle des états de surface. Parmi ces derniers il faut citer le « **Microtest** » qui donne la valeur C.L.A. (**Centre Line Average**), en micro-inches, des rugosités de surface par lecture directe sur l'échelle d'un appareil de mesure électrique, représentant la sortie amplifiée d'un cristal piezo-électrique commandé par un stylet traîné sur la surface de la pièce. Le mouvement du stylet est mesuré par rapport à un plan de référence fourni par des patins fixes placés sous l'instrument (tête de mesure) qui entrent en contact avec la surface de la pièce et qui passent sur les minuscules irrégularités constituant la rugosité de surface de la pièce.

Le bouton de l'amplificateur permet de choisir une des échelles suivantes correspondant à quatre amplitudes de **rugosités** :

1 : pour 0 à 5 micro-inches : surfaces finement rôdées.
2 : pour 0 à 10 micro-inches : surfaces rectifiées de haute qualité.
3 : pour 0 à 50 micro-inches : rectification uselle, usinage fin et moyen.
4 : pour 0 à 100 : usinage moyen ou grossier.

Il existe deux modèles de têtes de mesure, la tête électronique à main et la tête électronique à cheminement automatique.

La **tête électronique de mesure à main** se pose sur la surface de la pièce à contrôler et on la pousse de façon ferme et régulière, à la main, à une vitesse d'environ 25 mm/seconde. Les trois patins, sur une surface plane, forment un support fermé à trois contacts et le stylet se trouve entre les deux patins d'une extrémité. L'emplacement, le nombre et la forme des patins peuvent être modifiés pour s'adapter à tout contrôle particulier.

L'élément de cristal à l'intérieur peut prendre librement une position correcte par rapport aux patins quelle que soit la forme de la pièce. La touche du stylet est un cône de diamant dont la pointe est terminée par un rayon de 0,012 mm et la charge de cette touche est d'environ 8 grammes. Pour assurer un bon guidage la tête doit être utilisée en position sensiblement horizontale.

Le tête standard peut contrôler des alésages à partir de 32 mm de diamètre et des cylindres à partir de 9 mm de diamètre.

La **tête électronique à cheminement automatique** est analogue à la précédente mais la partie mesurante est poussée sur la surface de la pièce à une vitesse constante sur une distance de 6,35 mm. La tête est maintenue immobile sur la pièce mais le dispositif de contrôle, grâce à un mouvement d'horlogerie contrôlé par régulateur, avance à l'intérieur de l'appareil. Le mouvement est remonté pour chaque nouvel essai et déclenché quand la tête est en position de contrôle. Les boutons de réglage et de déclenchement sont disposés de manière qu'un opérateur, droitier ou gaucher, puisse facilement utiliser l'appareil.

L'amplificateur électronique monté sur cadre, les organes de réglage distincts pour chaque gamme d'amplification et le dispositif de réglage général sont disposés dans un coffret séparé et sont facilement accessibles de l'arrière. Le coffret comprend en outre un compartiment pour ranger la tête de mesure et son câble.

L'amplificateur réagit jusqu'à une fréquence en ligne droite de 20 000 périodes par seconde et comporte un coupe-circuit à filtre qui atténue les signaux basse fréquence d'une longueur d'onde supérieure à 0,7 mm que les ondulations de surface pourraient provoquer. L'appareil est normalement conçu pour courant alternatif monophasé, 50, 60 périodes, sous 200 à 240 volts. Il peut être adapté à des voltages et des fréquences différents.

Le champ d'application de ces têtes de mesure est élargi par l'emploi d'accessoires qui leur permettent de contrôler les surfaces cylindriques de 4 mm et plus de diamètre extérieur, les alésages de 6,35 et 12,7 mm de diamètre, les alésages de 32 à 102 mm sur n'importe quelle longueur, etc...

Si l'appareil est utilisé journellement pour des pièces produites en grande série, on peut étalonner une des pièces sur un appareil de laboratoire, pour en déterminer la rugosité de surface. Ce specimen pourra alors servir de pièce étalon pour le microtest, et si c'est nécessaire il servira à de petits réglages de la vis de mise au point suivant l'échelle d'amplification utilisée. L'appareil est alors employé comme comparateur d'état de surface de deux surfaces de texture et de forme géométrique similaires et il permet ainsi d'obtenir très rapidement des résultats extrêmement précis.

P. E.

SOMACO

La machine à rectifier intérieure **CGS 140** est une machine automatique et semi-automatique combinée à calibrages différentiel et positif par jauge-tampon. D'une conception nouvelle elle se caractérise par plusieurs innovations techniques intéressantes : double vernier sur le chariot, appareil de rectification frontale à cycle automatique, mandrin à serrage rapide commandé hydrauliquement.

FIG. 1. — Rectifieuse intérieure *Somaco* CGS. 140, à calibrage entièrement automatique.

Etudiée pour la rectification de précision et de grande production, pour petits et moyens alésages, elle permet un fini très soigné.

Le calibrage automatique par jauge tampon convient aux alésages cylindriques de part en part, avec ou sans rainure de clavetage ou cannelures.

Avec le calibrage différentiel la cote finale de l'alésage à rectifier est obtenue par une avance déterminée de la poupée porte-pièce après calibrage par diamantage. Ce procédé convient particulièrement à la rectification d'alésages borgnes ou cylindriques de part en part, lisses ou cannelés.

Le double vernier permet, par la manœuvre d'un simple levier, de passer du calibrage différentiel au calibrage par jauge-tampon. Il règle simultanément la synchronisation des trois cycles (ébauche, diamantage, finition), l'avance dégressive régulière de rectification intérieure par réglage préalable des boutons du distributeur hydraulique, la vitesse de table

[1] *La Pratique des Industries Mécaniques*, t. XXXVII, n° 9 (septembre 1954) p. 281, n° 11 (novembre 1954) p. 342 et n° 12 (décembre 1954) p. 402 et t. XXXVIII, n° 1 (janvier 1955) p. 25.

variable (pour les trois cycles), la possibilité de faire automatiquement une ou plusieurs passes à vide pour la fin d'étincelles pour obtenir une sorte de superfini.

Le principal avantage de l'appareil de rectification frontale à cycle automatique est qu'il permet d'exécuter un dressage de faces, pendant la période d'ébauche de rectification intérieure.

Le mandrin à serrage rapide hydraulique n'entraine aucune réaction sur le réglage de la broche ou sur ses roulements.

Les caractéristiques principales de cette machine sont les suivantes :

Hauteur au-dessus de la table : 190 mm.

Diamètre de passage à l'intérieur du protecteur : 305 mm.

Longueur maximum de l'alésage à rectifier : 200 mm.

Diamètres minimum et maximum de l'alésage à rectifier : 5 à 40 mm.

Alésage au travers de la broche : 35 mm.

Course de la table : 500 mm.

Angle maximum d'inclinaison de la poupée : 45°.

P. E.

RENAULT

Cette nouvelle machine de grande production est une application des têtes électromécaniques Renault à un problème bien défini : l'usinage des robinets ou raccords en T (fig. 1).

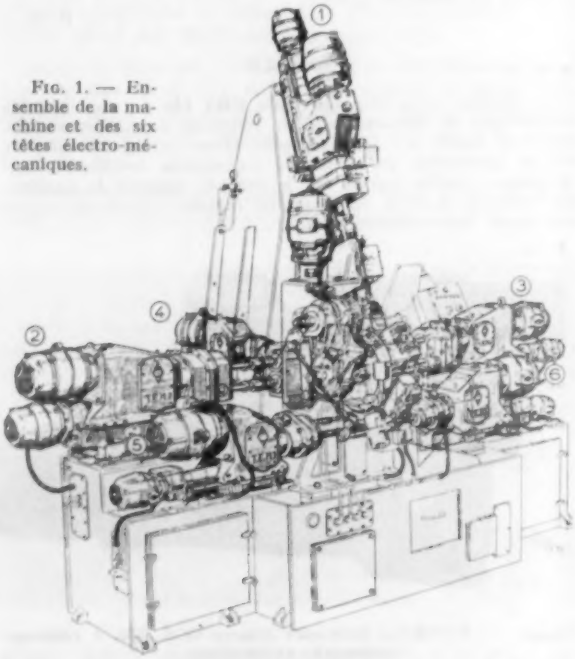


Fig. 1. — Ensemble de la machine et des six têtes électro-mécaniques.

Elle est fondée sur le principe d'usinage par opérations à l'aide d'unités indépendantes. Elle se compose d'un bâti adapté pour recevoir le nombre de têtes nécessaires à l'usinage dans trois directions des pièces de robinetterie. Ces têtes travaillent simultanément sur des pièces montées sur un tambour à axe horizontal et à évolution synchronisée avec le mouvement des unités de travail.

Le tambour supporte cinq montages porte-pièces, chacun serrant deux pièces et il est commandé par moteur indépendant, réducteur de vitesse et croix de Malte. Les cinq postes du tambour correspondent au cycle d'opérations suivant :

1° Chargement.
2 3 4° Usinages.
5° Déchargement.

Le serrage et le desserrage sont du type à came avec mors facilement interchangeables pour passer d'une pièce à une autre.

Le travail de l'ouvrier se borne à placer des pièces dans les mors à leur passage et à appuyer sur des boutons déterminant par relais électriques contrôlés la rotation du tambour et le mouvement des unités de travail.

Le temps d'usinage est très court ; il correspond à la moitié du temps nécessaire à l'opération élémentaire la plus longue du fait que l'on dispose d'un montage pour deux pièces.

Des sécurités électriques évitent toutes les rencontres des unités de travail et du tambour lorsque les pièces sont en mouvement. Bien que cette machine soit spéciale pour la robinetterie, elle est apte à usiner des pièces de dimensions et formes variées dans la mesure où celle-ci comportent des opérations dans trois directions en T.

C. E.

LA PRECISION MODERNE

Les machines type H3 sont utilisées pour tailler les engrenages droits, hélicoïdaux et les arbres cannelés. Leur capacité maximum est de 200 mm de diamètre de taillage, module 5, et largeur de taillage de 350 mm.

La **machine H 5** représentée par la figure 1 peut tailler des roues de 350 mm de diamètre au module 8 avec 400 mm de longueur de taille. Avec une tête spéciale pour fraisage en avance axiale, elle peut tailler des embouts cannelés coniques et des roues à vis sans fin.

Fig. 1. — Machine à tailler *Précimo*, type *H5*. Cette machine taille :
— une couronne en acier de 80 kg/mm² de 110 dents module 2.54 (stub) épaisseur 12 mm en 2 minutes par pièce (par paquet de 15) (ébauche et finition en une passe).
— ou un arbre cannelé en acier à 80 kg/mm² à 8 baguettes de 46×59×9, longueur 314 mm en 18 minutes (ébauche et finition en une passe).

Nous rappelons pour mémoire la **machine verticale universelle type V 10 LE** que nous avons récemment décrite [1].

Les **fraises-mères Saazor**, fabriquées par la Walztechnik d'Eulingen Pforzheim, et dont « La Précision Moderne » assure la représentation, sont constituées d'un corps massif en acier dur traité sur lequel on rapporte, par emmanchement à la presse, des peignes en acier spécial à haute teneur en cobalt et vanadium dont le profil est constant jusqu'au talon. Ces fraises peuvent tailler des pignons droits, hélicoïdaux, des arbres cannelés ou des profils spéciaux de toute nature, avec les vitesses de coupe les plus élevées utilisées dans les méthodes modernes de taillage.

P. E

[1] *La Pratique des Industries Mécaniques*, t. XXXVII, n° 4 (avril 1954), p. 125.

RECETTES PRATIQUES DE L'ATELIER

FORMAGE PAR ÉTIRAGE ROTATIF (1)

A la différence du formage par étirage classique dans lequel la bande, ou le profilé, est appliquée contre la forme par le déplacement rectiligne du plateau porte-forme, dans le procédé rotatif le plateau porte-forme tourne autour d'un axe vertical en entraînant dans sa rotation une des pinces qui serre une des extrémités de la bande à former,

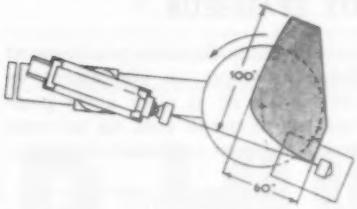


Fig. 1. — Schéma du dispositif de formage par étirage.

l'autre étant serrée dans une pince, solidaire d'un vérin grâce auquel la tension voulue est appliquée à la bande (fig. 1). Le plateau entrant en rotation, la bande s'enroule autour de la forme à la manière d'un câble sur le tambour d'un cabestan. L'axe du vérin de traction demeure constamment tangent ou profil de la forme grâce à un pivot autour duquel il peut osciller. En général, toute ou majeure partie du contour de la forme est placée sur le plateau d'un même côté d'un diamètre de celui-ci de façon à réduire au minimum la course du vérin de traction.

Ce procédé permet le formage de contours très profonds — et même rentrants — avec un très grand développement. En donnant à la pince un déplacement vertical il est également possible d'enrouler des profils hélicoïdaux suivant un pas variant à la demande.

B. T.

EMPLOI D'UNE CHAINE DE BICYCLETTE POUR TOURNER LES MORS D'UN MANDRIN DE TOUR (2)

Lorsque le mandrin doit serrer la pièce extérieurement pour une reprise, il est facile de tourner les mors doux concentriquement en les serrant sur un simbleau de

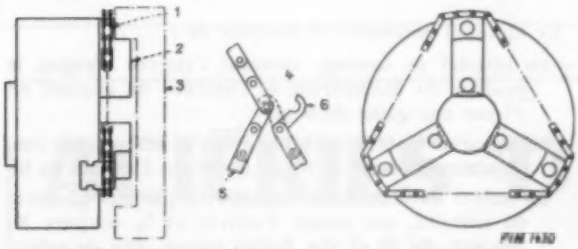


Fig. 1. — Tournage des mors d'un mandrin de tour.
1, Chaîne. — 2, Mors doux. — 3, Pièce. — 4, Disposition du crochet. — 5, Bout libre. — 6, Crochet.

diamètre égal à la pièce à reprendre pour qu'ils occupent après « mise au rond » la même position lors du serrage de la pièce et dans des conditions analogues de contrainte.

Lorsqu'au contraire la pièce à reprendre doit être serrée par l'intérieur d'un alésage, il serait bien entendu erronné de tourner préalablement les mors doux en les serrant sur une barre.

Il est commode, dans ce cas, de maintenir les mors en place en les serrant en divergence sur une chaîne de bicyclette comme le représente la figure 1.

La chaîne est enroulée sur les extrémités extérieures des mors et refermée au moyen d'un crochet monté sur le dernier maillon d'un des bouts, l'autre restant libre après la mise en place du crochet et la mise sous tension en serrant les mors vers l'extérieur.

B. T.

UNE BILLE PERMET DE SITUER UN CENTRE POUR PERCER UN TROU DANS UNE PARTIE CYLINDRIQUE (1)

Un procédé de « dépannage » pour centrer un trou à percer sur une surface concave (alésage partiel, sphère) consiste à y déposer une bille qui marquera d'elle-même la position du centre lorsque la pièce aura été assise sur un marbre par rapport à un plan de référence. La bille demeura en position d'équilibre, par gravité, sur une verticale passant par le centre de la surface concave.

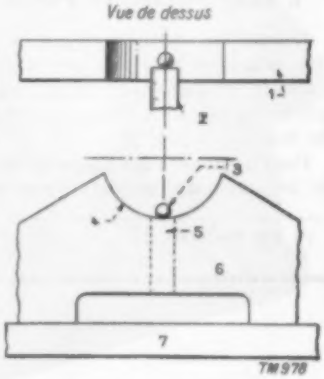


Fig. 1. — Dispositif permettant de situer un centre sur une surface cylindrique.
1, Pièce. — 2, Réglet. — 3, Frapper avec un marteau. — 4, Portée de palier. — 5, Trou demandé. — 6, Pièce. — 7, Marbre (nivelé avec précision).

L'angle à donner à l'axe du trou sera obtenu en nivelant la pièce sur le marbre par rapport à un plan de référence (fig. 1).

Un coup de marteau sur la bille marquera le centre.

B. T.

DISPOSITIF POUR COUPER LE FIL ÉLECTRIQUE A LONGUEUR RÉGLABLE (2)

Ce dispositif (fig. 1) permet de couper automatiquement des longueurs différentes de fil électrique souple. Un couteau fixé à un plateau tournant sectionne le fil au ras d'un manchon-guide. Le fil en bobine est dévidé au moyen d'un mécanisme simple comprenant une roulette libre à gorge sur laquelle passe le fil ; une molette presse fortement sur le fil et sa rotation l'entraîne en

(1) *Aircraft Production.*
(2) *The Machinist.*

(1) *The Machinist.*
(2) *The Machinist.*

l'engageant dans le guide. La molette est entraînée par un disque à clavetage coulissant qui frotte tangentiellement sur un plateau garni de caoutchouc dont la rotation est liée à celle du plateau porte-couteau. En faisant

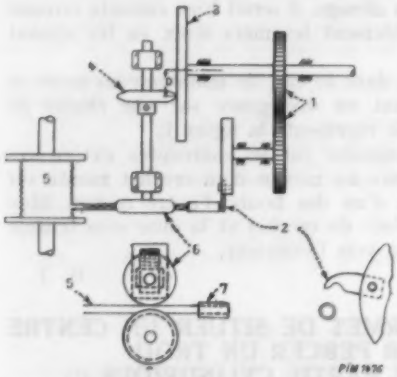


Fig. 1. — Schéma du dispositif.
1, Engrenages, rapport 1/1. — 2, Couteau. — 3, Disque garni de caoutchouc. — 4, Disque réglable. — 5, Fil à couper. — 6, Molette d'entraînement. — 7, Guide.

varier la distance *D* du point de contact du centre du plateau de friction on pourra régler la longueur du fil coupé qui sera égale au développement des tours de molette effectués pour un tour du plateau coupeur.

B. T.

EMPOCHEMENT FAVORISANT L'ALLONGEMENT POUR LE CINTRAGE (1)

Couder une cornière ou un profilé en U est une opération peu aisée si on ne prend pas certaines précautions. En effet, les ailes sont soumises à un allongement excessif qui ne va pas sans danger de crique sur le bord extérieur du coude.

Pour favoriser l'allongement des ailes, il est recommandé de les emboutir préalablement au cintrage pour que le bossage ainsi formé procure un excédent de matière qui sera résorbé au moment du pliage du profilé. Cet embouti peut être exécuté sur une forme spécialement préparée. L'importance de la boursouflure à former est déterminée par la quantité dont doit s'allonger le bord extérieur des ailes du profilé. Cet allongement diminuant à mesure qu'on se rapproche de la semelle, l'embouti devra être formé en « entonnoir ».

B. T.

(1) *The Machinist.*

OUTIL A POINÇONNER DES TROUS EN FORTE ÉPAISSEUR (1)

Le poinçonnage de trous de faible diamètre relativement à l'épaisseur de la plaque provoque un gonflement de celle-ci s'opposant à l'extraction de la pièce après poinçonnage. Pour éviter cet inconvénient tout en assurant à la pièce à percer un positionnement suffisamment précis,

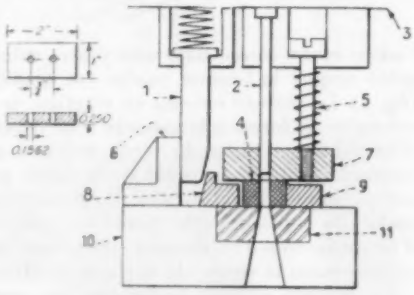


Fig. 1. — Schéma de l'outillage.
1, Coin de blocage. — 2, Poinçon. — 3, Porte-poinçons. — 4, Pièce. — 5, Vis. — 6, Butée. — 7, Ejecteur. — 8, Mors mobile. — 9, Mors fixe. — 10, Socle de matrice. — 11, Matrice.

le logement de la pièce est construit en deux parties, l'une fixe et l'autre glissante, cette dernière étant serrée contre la pièce avant la pénétration des poinçons par une cale en coin fixée au porte-poinçons.

B. T.

(1) *The Machinist.*

Procédé Nertalic

(Voir la photographie de la couverture)

On connaît le procédé *Nertal* de soudage à arc protégé par une atmosphère d'argon. L'arc jaillit entre la pièce et une électrode en tungstène ; le métal d'apport est introduit sous forme de baguettes tenues à la main.

Par contre, dans le procédé *Nertalic*, l'électrode est le métal d'apport lui-même, ce qui donne un meilleur rendement et rapproche le soudage à arc protégé du procédé avec électrode enrobée.

Le fil-électrode avance à vitesse élevée, utilise de très fortes densités de courant, huit à dix fois supérieures à celle des autres procédés de soudage à l'arc. Il est emmagasiné sur des bobines contenant 5 à 10 kg de métal ; l'opération est donc continue et les temps morts pour changement d'électrode sont supprimés.

L'arc est très spécial, il est à auto-régulation ; sa longueur reste fixe lorsque le métal est alimenté à vitesse constante. Cette propriété permet de faire du soudage semi-automatique.

Le matériel nécessaire se compose de :

— un pistolet de soudage assurant l'arrivée d'argon, le guidage du fil-électrode et l'amenée du courant en fil par une gaine de 6 m,

— un appareil moteur portable grâce à une poignée ; un régulateur permet de régler la vitesse d'avance du fil,

— un coffret de commande, manœuvré par une gâchette du pistolet, qui assure l'arrivée et la coupure du courant, du fil et des fluides (argon, eau de refroidissement),

— une source de courant, génératrice classique de courant continu,

— une bouteille d'argon.

L'appareil *Nertalic* permet de souder l'aluminium, l'acier inox, le cuivre, etc... à des vitesses de soudage pouvant atteindre de 40 à 50 cm/mn.

R. J. B.

185 produits pour l'industrie métallurgique

La description succincte de 185 produits : pour l'usinage des métaux, pour les travaux d'emboutissage, d'étirage, de laminage, de tréfilage, de traitement thermique, le dégraissage, le décapage, le démoulage des pièces coulées, pour la lubrification des machines, moteurs et transmissions de tous genres, se trouve répertoriée sous une forme facile à consulter dans le nouveau catalogue que vient d'éditer la Société des Produits HOUGHTON.

Les Industriels, soucieux de connaître les produits de qualité adaptés à leurs différents travaux, doivent posséder ce répertoire. Il est envoyé gratuitement sur demande adressée à la SOCIETE DES PRODUITS HOUGHTON, 7, rue Ampère, PUTEAUX (Seine).

P. HURÉ

FRAISEUSES UNIVERSELLES

MACHINES A AFFUTER LES FRAISES

FRAISEUSES VERTICALES

PETIT OUTILLAGE MECANICIEN

FRAISES

218, Rue Lafayette, PARIS NORD 30-54

ACIÉRIES DE CHAMPAGNOLE

ACIERS RAPIDES ET SPÉCIAUX

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 210.000.000 DE FRANCS
4 à 18, RUE JULES FERRY
La COURNEUVE (SEINE)
TÉLÉPHONE FLANDRE 1-90 (5 lignes groupées)
Adresse télégraph. : ACIER-LA COURNEUVE
R. C. SEINE 79 160

Ce qui se publie à l'étranger

ALLIAGES LEGERS

Usine pour production d'aluminium en bandes, feuilles et plaques, à Resolven. *The Engineer*, 9 et 16 juillet 1954 (7 p., 9 fig.). — La South Wales Aluminium C° vient de monter une nouvelle usine pour production d'aluminium en bandes, feuilles et plaques.

L'article donne le schéma de production ainsi que des vues de l'usine.

S. P.

CORROSION ET PROTECTION

Lutte contre la corrosion à l'aide d'inhibiteurs. *Annales suisses de sciences appliquées*, juin 1954 (17 p.). — Les inhibiteurs sont des substances dont la présence à faible concentration, 0,01 à 0,1 %, empêche la corrosion par certains agents chimiques. On distingue différents modes d'action. Certains inhibiteurs forment un film d'oxydes protecteur, d'autres ont pour effet de rendre étanche la couche d'oxydes existants ; certains ont une action « cathodique », d'autres forment des gels, etc... L'auteur passe en revue les différents inhibiteurs connus et donne une étude de leur action dans différents cas (présence d'eau, d'air, d'huile, etc...).

S. P.

ESSAIS ET CONTROLES

Bases théoriques et expérimentales de l'examen non destructif par courants de Faucault (III. Méthode de la bobine coiffant l'éprouvette). *Z.f. Metallkunde*, avril 1954, (12 p. 25 fig.). — L'auteur expose comment on peut grâce à des courants de Foucault provoqués dans un corps cylindrique (plein, creux, ou revêtu d'un autre métal) déterminer la conductivité électrique aux températures élevées, les effets de corrosion, les variations de la dureté dans les traitements thermiques et dans les phénomènes de vieillissements, la diffusion moléculaire, etc... Ce procédé se prête au contrôle quantitatif des semi-produits.

S.P.

Bases théoriques et expérimentales de l'examen non destructif par courants de Foucault (IV. — Appareils pour effectuer l'examen). *Z.f. Metallkunde*, avril 1954 (8 p., 17 fig.). — Lorsqu'on entoure une éprouvette de métal d'un enroulement primaire parcouru par un courant alternatif, des courants de Foucault prennent naissance. Ces courants modifient le courant d'une bobine secondaire par rapport à sa valeur sans éprouvette. L'auteur décrit trois procédés principaux d'examen et les appareils donnant les propriétés de l'éprouvette sous forme d'un point figuratif sur l'écran d'un oscillographe. Cet appareil sert à la mesure de la conductivité de l'éprouvette et indirectement à la mesure de la dureté, des effets de corrosion et à la recherche de défauts.

S. P.

Bases théoriques et expérimentales de l'examen non destructif par courants de Foucault (V. — Recherche des fissures et cassures). *Z.f. Metallkunde*, avril 1954 (6 p., 9 fig.). — Etude expérimentale des diagrammes donnés par les appareils d'examen par courants de Foucault pour des éprouvettes métalliques pour différents types de défauts. Les auteurs montrent que l'on peut déduire des diagrammes des données quantitatives, emplacement, largeur, profondeur d'une fissure, etc...

S. P.

Importance de la perméabilité de l'acier aux ultra-sons pour la signification des essais par échos d'impulsions. *Stahl und Eisen*, 1er janvier 1954 (9 p., 24 fig.) — Il peut être tiré d'essais par échos d'impulsions ultra-sonores des conclusions erronnées si la perméabilité de l'acier soumis aux essais présente des solutions de continuité. La perméabilité est affectée non seulement par la grosseur du grain mais aussi par la présence de

(Voir la suite page XX)

chaque seconde compte

DEMANDEZ UNE ÉTUDE, UN ESSAI SUR TOURS SEMI-AUTOMATIQUES

SOMUA type "NOËL ERNAULT"

ALÉSAGES DE BROCHE DE 32 A 65mm

41, AVENUE HOCHE, PARIS

Usines à Saint-Ouen - Lisieux - Montzeron

plus de 150 types de porte-outils disponibles

SERVICE COMMERCIAL DE VENTE AFMO 63, RUE LA BOÉTIE, PARIS-8e - TEL. ELY. 30-40, 30-41

Toute la gamme des
FOURS ÉLECTRIQUES
INDUSTRIELS
CYCLOP

Fours pour traitements thermiques

★ Fours à résistances métalliques, céramiques ou liquides pour toutes les températures de 100 à 1400° C : fours intermittents, semi-continus et continus entièrement mécanisés.

★ Générateurs de gaz de conditionnement pour obtenir des atmosphères neutres ou réductrices.

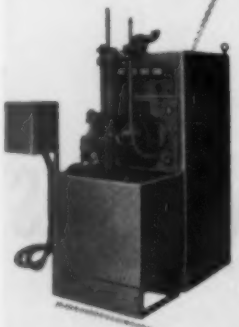
Fours de fusion

★ Fours à induction H. F. (haute fréquence) pour fusions nécessitant de hautes températures.

★ Fours à induction B. F. (basse fréquence) pour les métaux non ferreux et alliages légers.

★ Fours à arc type Heroult.

★ Fours à rayonnement à baguettes de graphite.



Chauffage par haute et basse fréquence :

★ Basse fréquence - Recuits, revenus après soudure, préchauffage de cylindres de laminoirs, etc...

★ Haute fréquence - Trempe superficielle, chauffage avant forgeage, brasage. licence EFCO

★ Traitements thermiques spéciaux et H. F. à façon.

22 OCEAP

Fours CYCLOP
S^TE G^LE D'APPLICATIONS ÉLECTRO-THERMIQUES
24, RUE DE MEUDON, BOULOGNE-BILLANCOURT
TÉL. MOL. 65-60, 61 et 62

Ce qui se publie à l'étranger

(suite)

ferrite précipitée à la périphérie des grains. Un traitement de recuit de normalisation élimine généralement cette précipitaiton mais la perméabilité peut demeurer réduite du fait d'inclusions de carbone. Pour les pièces importantes, le contrôle devra donc être complété par un examen métallographique rendant compte de la structure et par une analyse systématique des images d'échos obtenues à travers différentes sections et le long de la pièce essayée.

B. T.

FONDERIE

Application de la fonte ductile. *The Iron Age*, 18 mars 1954 (5 p., 11 fig.). — Le nombre des applications de la fonte ductile augmente constamment. L'article donne toute une série d'exemples : roues de chemin de fer, matrices pour garde-boue d'automobiles, cylindres de presses, engrenages, poulies, cylindres, etc...

S. P.

MATERIAUX

Nouveaux alliages du type Nimonic permettant l'extrusion. *Engineering*, 3 septembre 1954 (1 p., 3 fig.). — Le Nimonic 95 est un nouvel alliage résistant à la chaleur et donnant d'excellentes propriétés de résistance à l'allongement par fluage et de résistance aux fatigues alternées jusqu'à près de 1 000°C. Cet alliage est malléable et peut être soumis à l'extrusion. On l'utilise pour les ailettes de turbines à gaz à canaux internes de refroidissement obtenus par extrusion et forgeage.

S. P.

METALLURGIE

Revenu pour éliminer les tensions internes sur une colonne de distallation. *The Engineer*, 3 septembre 1954, (1 p., 3 fig.). — Description d'un petit four pour revenu de pièces très longues. Le four forme un manchon placé sur la pièce et on y fait passer la pièce lentement. Dans le cas particulier, il s'agit d'une colonne de rectification de plus de 20 m de haut.

S. P.

Développement et tendances des laminoirs modernes. *Z.f. Metallkunde*, février 1954 (10 p., 22 fig.) — L'auteur décrit les tendances générales qui se font jour dans la construction des laminoirs. Il indique les procédés de laminage les mieux appropriés dans les différents cas ainsi que le choix de la largeur des bandes, du poids des blooms, de la vitesse du laminage. Il examine ensuite les avantages et les inconvénients des procédés continus et du laminage réversible. Pour terminer, il décrit les laminoirs à chaud et à froid ainsi que leurs installations auxiliaires.

S. P.

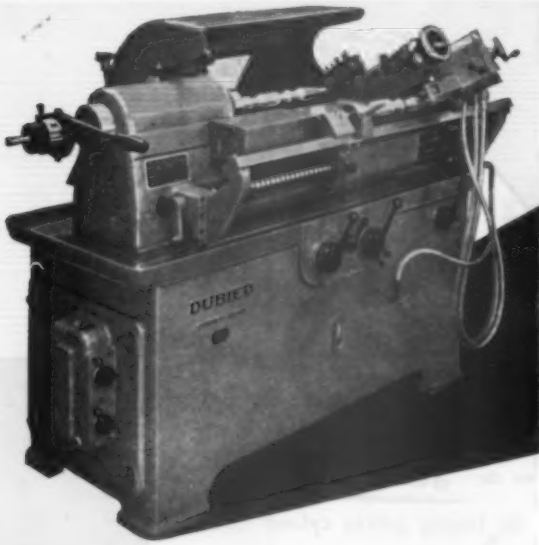
Nouvelle aciérie à four réverbère de Lackenby. *Engineering*, 6 août 1954 (6 p., 8 fig.). — A la suite de la fusion de plusieurs sociétés, une nouvelle aciérie a été construite à Lackenby. Elle comporte 5 fours reverbères de 300 tonnes du type basculant et 2 fours mélangeurs de 600 tonnes. La production prévue est pour le moment de 625 000 tonnes, mais elle pourra être portée à 900 000 tonnes par an. L'article donne une description détaillée de la disposition de l'usine, des fours et des installations de manutention ainsi que des différents auxiliaires.

S. P.

RESISTANCE DES MATERIAUX

Appareil pour l'étude des effets des fatigues thermiques périodiques sur les métaux ductiles. *Transaction ASME*, août 1954 (8 p., 11 fig.). — Un métal soumis en permanence à de hautes températures subit un fluage. Si la température varie périodiquement, les conditions sont différentes et on peut avoir

(Voir la suite page XXVI)



DUBIED
514

TOUR RAPIDE
Commande hydraulique
Reproducteur hydraulique

et Modèle 515 à vitesse de coupe constante

S.A. M. SCHMEDER 1, rue du Planty, SAINT-OUEN (Seine) - Téléph. CLI. 14-30
33, rue Wette-Faÿs, LYON St-CLAIR (Rhône) - Tél. OL. 156-08

Les variateurs de vitesse BEIER
sont construits même pour les plus grandes puissances

Leurs caractéristiques:

Puissance constante sur tout le champ de réglage
Grande efficacité
Grande et petite vitesses dans le même axe
Encombrement réduit
Service économique

Puissance: 150 CV

MOELLER & NEUMANN
S.A.R.L. - ST-INGBERT (SARRE)
Département
VARAM
VARIATEURS, RÉDUCTEURS, APPAREILS MÉCANIQUES
49, rue Caumartin - PARIS 9e - Téléphone OPÉ. 48.40

FONDERIES
DEBARD
CIRCLIPS
ANNEAUX
TRUARC
Organes mécaniques de sécurité
contre le déplacement axial de toutes pièces cylindriques
16, rue Paul Vaillant-Couturier - LEVALLOIS-PERRET (Seine)
PERE-RE 35-94

Chauvin Arnoux
TOUS APPAREILS
ÉLECTRIQUES DE MESURE
UNE RAISON D'ÊTRE
CRÉER
UNE MISSION
SERVIR
DERNIER NÉ DES CONTROLEURS DE POCHE
LE NÉO SUPER
PRATIQUE
INCASSABLE
30 CALIBRES
DEMANDEZ LA NOTICE R 4
190, RUE CHAMPIONNET, PARIS - TÉL. : MAR. 41-40 ET 52-40 - ADR. TÉL. ÉLECMESUR

Pouvez-vous emporter *un laboratoire* avec vous ?

Non. Et pourtant l'œil le plus averti ne peut pas juger les qualités et défauts d'une lime. **C'est une question de laboratoire.**

Toutefois, si le jugement "au coup d'œil" est impossible, la certitude de la qualité peut être acquise : les grandes marques de réputation mondiale, grâce à la puissance de leur outillage et à la rigueur de leurs contrôles **garantissent la qualité totale :**

PRÉCISION DE LA TAILLE
DURETÉ DE L'ACIER
MORDANT
RÉSISTANCE

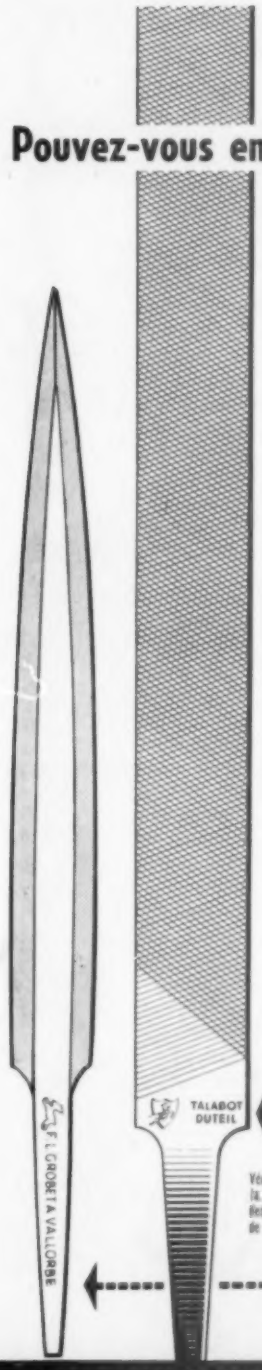
TALABOT DUTEIL

la plus grande concentration européenne spécialisée

VALLORBE

spécialiste mondial de limes de précision sont seuls en mesure de fournir à l'industrie **une gamme complète** de limes, dans une **qualité internationale.**

Aciers spéciaux étudiés à l'usage exclusif des limes.
Normes de fabrication beaucoup plus rigoureuses que les cahiers des charges des usagers les plus exigeants.
Puissance d'outillage assurant la perfection technique.



TALABOT DUTEIL VALLORBE

Affûtage et mécanique

Précision

SYNERGIE

SERVICE COMMERCIAL COMMUN SAUT-DU-TARN

SAINT-JUÉRY (Tarn) Tél. 3
PARIS 27, Bd. Jules-Ferry. Tél. OBE. 24-95
LYON 4, Pl. Bir-Hakeim. Tél. MONCEY 13-03
NANTES 18, Rue de la Verrerie. Tél. 149-10

votre meilleure carte !

LE MODÈLE HB SE CONSTRUIT
500
575
725
HB
DANS CES 3 DIAMÈTRES ADMIS

TOURS CAZENEUVE

7, RUE DES FRUITIERS. LA PLAINE-SAINT-DENIS (SEINE) PLAINE 19.70

God

Vous faites de grandes séries ?
Nos calibres réglables sont inusables

Vous faites de petites séries ?
Nos calibres inusables sont réglables

G. B. G.

30, Rue Eugène-Caron, COURBEVOIE - Tél. : DEF 49-90 et 49-91
(Anciens Etablissements GAUBAN)

PAR SPÉCIALISTES :
ÉTUDES : PROJETS
RÉDUCTIONS PRIX DE REVIENT

A. P. S.

TOUTES CONSTRUCTIONS MÉCANO-SOUDÉES

BATIS MACHINES - Terminé d'USINAGE
jusqu'à 30 tonnes d'un seul élément

MARTIN — INOX — MONEL — ALUMINIUM
8/10 à 200 mm d'épaisseur
Matériel Lourd — Forges — Laminoirs — Machines-Outil — Travaux Publics — Mines — Produits Chimiques — Chemin de Fer — Châssis — Matériel roulant — Conditionnement d'air — Grosse Industrie électrique — Montages outillages mécano-soudés

GROSSE CHAUDRONNERIE

OXYCOUPAGE

Tubes gros Ø soudés — Pliage jusqu'à 25 mm d'épaisseur
Roulage jusqu'à 15 mm d'épaisseur

APPLICATIONS PRATIQUES DE LA SOUDURE

Siège social :
53, R. de Paris - BOULOGNE-BILLANCOURT - MOL. 11-22 & 64-79
Usine :
370, Route de Stalingrad - CHEVILLY-LARUE - BEL. 10-34

Ce qui se publie à l'étranger

(suite)

des ruptures par fatigue. L'auteur décrit un appareil utilisé au cours des recherches destinées *a*) à sélectionner les matériaux les plus aptes à résister à ce type de fatigue, *b*) à augmenter nos connaissances sur ce genre de phénomène.

S. P.

Etudes des effets des fatigues thermiques périodiques sur un métal ductile. *Transaction ASME*, août 1954 (12 p., 34 fig.). — L'auteur relate les résultats des essais de fatigue thermique sur une éprouvette soumise à une faible traction. On étudie l'effet des efforts thermiques périodiques sur l'écrouissage pour une température moyenne donnée, l'effet des déformations à froid antérieures, l'effet de la durée de la période sur le nombre d'alternances menant à la rupture et l'effet des alternances thermiques antérieures. L'auteur discute également des facteurs tels que l'hystérésis, l'effet Bauschinger, l'écrouissage, le vieillissement et la déformation des fissures de fatigue.

S. P.

Fissuration par choc thermique des aciers alliés à faible teneur. *Stahl und Eisen*, juillet 1954 (14 p. 29 fig.). — L'auteur donne un rapport sur des expériences de chocs thermiques sur des éprouvettes de différentes nuances d'acier. L'éprouvette est refroidie brutalement par un liquide et réchauffée. Les essais ont porté sur des aciers doux à 35 et 45 kg/mm², sur l'acier H IV A, 19 Mn5, et de l'acier au cuivre-nickel. On étudie l'influence de la température de trempe (entre 200 et 700° C) du nombre de trempes (25 à 1 500) de l'épaisseur des parois (de 4 à 34 mm), du liquide utilisé (eau distillée, solution au nitrate de potassium et d'amonium, de sel ordinaire ou de sulfate de sodium à différentes concentrations) sur le nombre de fissures, leur profondeur, leur vitesse de pénétration.

S. P.

TRAITEMENTS THERMIQUES

Relation entre la trempabilité et les caractéristiques mécaniques des aciers alliés. *Stahl und Eisen*, 14 janvier 1954 (5 p., 10 fig.). — Eu égard à la relation entre leur trempabilité et leurs propriétés mécaniques, les aciers traités ont pu être classés en quatre groupes tels que dans ces groupes, la trempabilité soit constante en raison de la tenacité, ou accuse des différences déterminées. Les valeurs de la dureté, après traitement suivant deux étages de résistance à la traction, ont été comparées pour une même résistance et reliées à la trempabilité.

B. T.

TRAVAIL PAR DEFORMATION

Etat actuel de la question de la déformation à chaud de la fonte. *Z.f. Metallkunde*, mars 1954 (10 p., 18 fig.). — L'auteur définit les dénominations des différentes fontes ainsi que la constitution des fontes alliées. Il donne ensuite les structures de base des fontes et leur composition. Il passe ensuite aux conditions de forgeabilité et il examine les procédés de déformation. Il indique ensuite les progrès techniques les plus récents dans ce domaine, tels que la coulée suivie de laminage permettant d'obtenir des tôles de fonte. Il termine par un examen des fontes malléables.

S. P.

Nouvelle machine de formage à froid, analogue au tour à repousser. *Mechanical Engineering*, juin 1954, (2 p., 3 fig). — Description d'un tour spécial de formage à froid. La machine est analogue à un tour à repousser, mais le galet servant d'outil est monté sur un chariot extrêmement robuste monté sur un socle avec rainures en T qui permet de l'orienter à volonté. La méthode utilisée diffère du repoussage du fait que le flan utilisé au départ a le même diamètre que la pièce finie. Le galet, grâce à une forte pression, effectue un étirage progressif du métal. Le fonctionnement est entièrement automatique et ne demande aucune habileté.

S. P.

Tous les calibres en carbure de Tungstène

22X2,50

SONT FABRIQUÉS PAR

P.M

LA PRÉCISION MÉCANIQUE

11, RUE VERGNIAUD, PARIS XIII - TEL POR 33 72 (7 L.)

interrupteur poussoir 198

Possibilité de rupture
Alternatif 10 ampères 110 volts
Continu 6 ampères 27 volts

un seul bouton

Il fonctionne en donnant successivement un enclanchement et une rupture, c'est-à-dire qu'une pression sur le poussoir établit le circuit et qu'une deuxième pression coupe le circuit

Coupure

Contact

SERMEC

VALENCE, 18, Rue J.-J. Rousseau Tél. 37-17 et 317-18
PARIS - 76, Avenue de la République - Tél. ROC 65-41
Dépôt ARNOUD, 16, rue de Madrid - PARIS VIII - Tél. LAB 66-13

Machines à scier

à serrage hydraulique automatique de la barre, avance hydraulique automatique du chariot porte-scie.

PF152

Pouille Fr.

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS (A. & M.)

ROBERT POUILLE ET Cie

SUCCESSEURS

71-73, Rue Jean-Jaurès, ARMENTIÈRES (NORD) TÉL. : 87

RODOIRS depuis Ø 14 mm.
TETES à réglage en marche
PIERRES tous types
BARRES ALESEUSES
applications multiples pour l'usinage des alésages sans machines coûteuses
PRINCIPES
Demandez documentation N° 110
4, Place de Rennes - PARIS (6e) - Tél. BAB. 16-63
Ets TRUBA

BIBLIOGRAPHIE

La Pratique des Industries Mécaniques *se tient à la disposition de ses abonnés et de ses lecteurs pour les documenter gracieusement sur tous les ouvrages et publications techniques.*

« **Transunit », Guide pratique pour la conversion des unités anglo-saxonnes et métriques,** par Jean Dayre, Conseiller technique au Commissariat Général de la Productivité, et Michel Cassan, Ingénieur des Arts et Métiers. Préface de M. Albert Caquot, Membre de l'Institut. Un volume 13,5 × 25, 48 pages avec une réglette : 680 fr. Editions Eyrolles.

L'extrême diversité des systèmes de mesure crée des difficultés et des incertitudes nombreuses dans l'évaluation des grandeurs les plus courantes. Obligé d'effectuer un changement d'unités, l'homme d'affaires, l'économiste ou l'ingénieur est souvent pris au dépourvu ; ou il hésite dans la conduite des calculs.

Le Guide *Transunit* a été conçu pour rendre plus aisé et plus sûr ce genre d'opérations. Il présente trois avantages :

1° Les calculs précis peuvent être obtenus par une simple règle de trois, à l'aide d'un tableau de conversion.

2° Les évaluations approchées utilisent un procédé graphique simple, basé sur le principe de la règle à calcul ; ce procédé permet de passer d'une unité quelconque à toute unité mesurant la même grandeur, offrant ainsi des possibilités de conversion multilatérale.

3° Une graduation ménagée sur la réglette permet de contrôler l'ordre de grandeur des résultats.

Ainsi conçu pour simplifier ces opérations, publié dans un format maniable, le Guide *Transunit* constituera un outil de travail indispensable dans tous les bureaux où l'on a souvent à opérer des changements d'unités : bureaux d'études des industries mécaniques, électriques, laboratoires, etc... Il rendra des services particulièrement importants aux entreprises et administrations en relations fréquentes avec les pays de langue anglaise.

Le catalogue de la Société Schönebecker Brunnenfilter, à Hanovre (Allemagne).

Ce catalogue contient, classée par initiales des divers groupes d'appareils présentés, une nomenclature détaillée de toutes les fabrications de la Société précitée.

Celles-ci comprennent notamment :

— Des accessoires (en particulier, des vannes) pour les canalisations d'eau, de vapeur, de gaz et d'huiles.

— Des éléments de conduites, des prises d'eau avec vannes, des brides de fixation, etc...

— Des reniflards pour conduites forcées.

— Des transmissions pour vannes, comportant des engrenages, des arbres à cardan, etc...

— Des regards pour canalisations urbaines.

Pour chaque type d'appareil sont donnés une vue d'ensemble, ainsi qu'un tableau précisant les diverses dimensions sous lesquelles il peut être exécuté et les prix correspondants.

P. U.

Technologie générale professionnelle à l'usage des classes de 3e industrielle des Collègees techniques (section Mécanique) et des E.N.P., par E. Raffin et J.-R. Berthiau, Professeurs techniques adjoints au Collège technique Rouvière de Toulon. VIII-159 pages 16 × 25, avec 284 figures. 1955 Broché : 460 fr. Dunod, éditeur.

La métrologie y est traitée d'une façon très claire et très complète ainsi que les derniers appareils modernes employés dans l'industrie et les auteurs de ce manuel préparent progressivement les élèves à se familiariser avec les problèmes de la coupe en leur donnant des notions fondamentales qui seront revues plus en détail dans les livres de seconde et de première. Le meulage et le rodage sont étudiés en tenant compte des derniers perfectionnements apportés dans cette branche.

Enfin, de larges notions de fonderie, forgeage mécanique, travail des tôles et de soudage complètent l'ensemble des connaissances.

PETITES ANNONCES

Prix de la ligne : 145 fr. (taxes comprises)

ROULEUSES A TOLES NEUVES
Ets ROCHET, Constructeur
176, Bd F. Faure, AUBERVILLIERS. FLA 06-40

COLLECTION « L'ÉCONOMIE D'ENTREPRISE »

L'ENTREPRISE ET LA STATISTIQUE

par

R. DUMAS

Ancien élève de l'École Polytechnique.
Administrateur de l'Institut national de la statistique et des études économiques.

INTRODUCTION DE

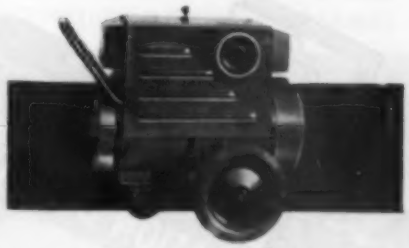
André A. BRUNET

Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers.

XVI - 536 pages 14x22. 1955. Relié toile sous jaquette **3 900 F**

En vente dans toutes les bonnes librairies et chez

92, rue Bonaparte DUNOD **Éditeur, PARIS 6e**



De l'artisan rural au chantier naval, la M.F.S. resoud tous les problèmes de soudure à l'Arc à haute fréquence.

3 types d'appareils rotatifs (triphasés ou diphasés courant de soudure 200 periodes) construits en grande série :
- 200 ampères pour artisans maréchal, charron, garagiste, carrossier
- 260 ampères pour entreprises de moyenne importance
- 350 ampères pour grosse industrie.

Nos appareils répondent en tous points aux exigences de l'E.D.F. et sont admis sur les réseaux basse-tension.

Vous trouverez également dans nos constructions des postes statiques de soudure à l'Arc électrique, conformes à toutes les exigences du Comité de Normalisation de la Soudure et de l'Union Syndicale de l'Électricité.

Demandez notice détaillée et tous renseignements

MANUFACTURE FRANÇAISE DE SOUDURE
BUSIGNY (Nord) - Tél. 51-16

DISTRIBUTEUR OFFICIEL
J.-M. Collard - R.-P. Grillot & Cie - 3, rue Ampère, Paris-17e, WAG. 48-48

MFS

un moteur de soudure électrique à haute fréquence est la solution parfaite de l'avenir

La Technique Moderne

Revue universelle des Sciences appliquées à l'industrie.

Sommaire du N° 11 - Novembre 1954

CENTRALES. — **La centrale de Porcheville** (à suivre), par Y. Teste, Directeur de la Région d'Equipement thermique I, Electricité de France.

Mélangeur de produits chimiques mû à la vapeur.

DEPOUSSIERAGE. — **La Journée de Dépoussiérage des fumées et des gaz industriels. Paris, 18 juin 1954** (à suivre).

CENTRALES. — **Centrales thermiques récentes.**

AERONAUTIQUE. — **L'Exposition aéronautique de Farnborough. 6-12 septembre 1954,** par R.-J. de Marolles.

Construction et utilisation des amplificateurs diélectriques.

RADIOTECHNIQUE. — **Les récents progrès de la Radiotechnique.**

BIOGRAPHIE. — **Médaille André Blondel 1954. A. Blanc-Lapierre,** Professeur de Physique théorique à la Faculté des Sciences d'Alger. — M. Paimboeuf, Ingénieur en Chef des P.T.T., Chef du Service des Télécommunications à Electricité de France.

LA IVe EXPOSITION EUROPEENNE DE LA MACHINE-OUTIL. Milan 14-23 septembre 1954 (suite et fin). — Berthiez - Somua - Eustacchio - Gambin - W. Kracke - Zwick.

REVUE DOCUMENTAIRE FRANÇAISE ET ETRANGERE. — **Notes. - Analyses. - Extraits. - Comptes rendus.** — Récents avions d'entraînement militaire. — Le centenaire de l'aluminium. — Les disjoncteurs à air comprimé et la traction électrique monophasée. — Un classeur à secousses. — La métallisation.

TRAVAUX DES SOCIETES SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES. — Rotations inverses ou différentielles, par interférence de mouvements sinusoïdaux. — Influence de la température sur les problèmes de freinage. — Examen direct des métaux par transmission au microscope électronique. — Luminescence de la silice vitreuse. — La thermique française à l'honneur.

Prix de l'abonnement annuel : France 2.900 fr. ; Etranger : 3.700 fr.

Numéro spécimen sur demande adressée à DUNOD, éditeur, 92, rue Bonaparte, Paris (VIe).

INFORMATIONS

Exposition Internationale du Nettoyage et de la Teinturerie à Munich

D'année en année, le nettoyage chimique et la teinturerie gagnent en importance économique. Profitant en Europe de l'exemple donné par les U.S.A., on fait appel dans une mesure toujours croissante au nettoyage chimique pour entretenir et conserver les produits textiles, permettant ainsi à l'économie nationale de conserver des valeurs se chiffrant par milliards.

L'occupation croissante des entreprises, de même que la concurrence de plus en plus âpre entre elles, imposent une rationalisation sans cesse mise au point en vue d'abaisser les frais d'exploitation.

L'Exposition Internationale du Nettoyage et de la Teinture, qui se tiendra à Munich, du 15 au 24 juillet 1955 au Parc des Expositions Theresienhoehe, donnera aux industries connexes l'occasion de présenter ses produits les plus récents.

Cette exposition montrera tout ce dont une entreprise de teinturerie et de nettoyage moderne a besoin, à commencer par les colorants, solvants et détergents jusqu'aux machines spéciales les plus diverses, sans oublier les produits auxiliaires, les accessoires, les moyens de transport, etc...

Foire industrielle d'Allemagne

HANOVRE, 24 avril - 30 mai 1955

Pour la deuxième fois, la Foire Industrielle d'Allemagne réunira en 1955 en une seule manifestation la Foire Technique et la Foire Commerciale.

Informations *(suite)*

Elle se tiendra à Hanovre du 24 avril au 3 mai 1955.

Sur un emplacement unique de 650.000 mètres carrés, se trouveront : 10 halls en dur et le « Messehauss » (Palais de la Foire), dont la superficie couverte dépassera 200.000 mètres carrés ; un vaste terre-plein à l'air libre d'une surface de 55.000 mètres carrés ; de plus, un parc automobile couvrant 500.000 mètres carrés environ pourra recevoir 30.000 voitures.

De nombreux participants allemands et étrangers exposeront dans ce cadre magnifique toute la gamme des biens de production et de construction que les acheteurs et visiteurs avaient l'habitude de trouver les années précédentes, soit à la Foire Technique, soit à la Foire Commerciale.

Les branches principales qui seront présentées à la Foire Industrielle d'Allemagne à Hanovre en 1955 seront les suivantes :

Industries de l'électrotechnique - Construction de machines - Industries Mécaniques - Optique - Appareils de précision - Appareils ménagers - Ustensiles de cuisine - Chimie - Matériaux de construction - Matériel de bureau - Papeterie - Divers.

Nous signalons qu'en 1955, en plus de la Foire Industrielle d'Allemagne, deux expositions auront lieu à Hanovre :

1° L'Exposition des Machines-Outils du 11 au 20 septembre 1955.

Il s'agit là d'une manifestation nationale avec participation internationale.

2° La sixième exposition de la République Fédérale allemande de l'Industrie Hotelière et Gastronomique du 23 au 31 octobre 1955.

N.-B. — A la Foire industrielle d'Allemagne 1955 à Hanovre, les branches : machines textiles et machines-outils n'exposeront pas.

Pour tous renseignements complémentaires concernant ces diverses manifestations, s'adresser à : M. Tressens Arthur, Représentant de la Foire de Hanovre, Compagnie Commerciale Continentale, 16, rue Vézelay, Paris (8e). Tél. EURope 51-72 et 35-39.

Le Soudeur Castolin

Sorti de presse tout dernièrement, le plus récent fascicule (N° 2-1954) de la revue « *Le Soudeur Castolin* », bulletin d'informations de la *Société des Soudures Castolin S.A.*, à Lausanne, a conservé son graphisme traditionnel, sobre et élégant. L'article de fond y est constitué par une étude « *Assemblages à faible apport de chaleur - Bases et applications* », dans laquelle les principes scientifiques dont s'inspire la technique *Castolin* sont exposés sous une forme accessible à tous. La deuxième partie renferme des suggestions et des « tuyaux » pratiques fort utiles pour le soudeur et les dernières créations - une électrode pour l'assemblage des métaux différents, une électrode pour le nickel et ses alliages, de nouveaux alliages à haute teneur en argent et un produit pour la trempe rapide de petits outils de coupe divers - y sont mises en relief. Cette revue richement illustrée est offerte gratuitement aux intéressés.

Pour les médecins du travail

L'exercice de la médecine du travail dans les entreprises n'exige pas seulement une connaissance des problèmes purement médicaux ; des vues sur d'autres techniques extra-médicales sont nécessaires, notamment sur celles de l'étude, la simplification et la préparation du travail.

Pour répondre aux désirs qui lui ont été exprimés à ce sujet, le *Bureau des Temps Elémentaires* (Bureau interprofessionnel pour l'étude du travail) a mis au point l'an dernier un cycle d'information spécialement destiné aux médecins du travail de manière à leur permettre d'intervenir utilement dans ce domaine en conjuguant leur action avec celles des responsables.

Une nouvelle session de ce cycle s'est ouverte à Paris en janvier dernier. Comme les précédentes, elle comprendra 5 journées complètes (une séance le matin, une séance l'après-midi), à raison d'une par semaine pendant 5 semaines consécutives.

Sur la demande de plusieurs entreprises, les chefs du personnel ainsi que les conseillères du travail et les surintendantes d'usine seront admis à suivre le cycle.

Le nombre des participants est limité à 12.

Pour tous renseignements et inscriptions s'adresser à : Bureau des Temps Elémentaires, 8, rue Alfred-de-Vigny, Paris (8e) - Tél. WAGram 92-74.

(Voir la suite page XXXII)

Méthode de détection de Fissures

Applicable à tous les Métaux Ferreux et non Ferreux

Coffret portatif "RESUAL"

27, Av. Marceau, Courbevoie - DEF 14-34

Informations *(suite)*

La production des fontes à graphite sphéroïdal

160 ingénieurs, représentant les licenciés en Fontes à graphite sphéroïdal de nombreux pays, se sont rencontrés au Siège de l'Association des Industriels à Florence, en septembre 1954, pour leur quatrième Réunion Internationale et sous les auspices de la *Mond Nickel Cie.*

La première session fut consacrée à l'exposé des quatre principales méthodes déjà utilisées pour l'introduction du magnésium pur, et fut suivie d'intéressantes discussions.

Au cours des sessions suivantes, de nombreuses communications, terminées par des discussions, furent présentées, traitant principalement des méthodes de fonderie, des propriétés des fontes à graphite sphéroïdal et des applications nouvelles.

La traduction simultanée des mémoires et discussions en italien, en français, en anglais et en allemand, rendit les sessions extrêmement vivantes.

Cette quatrième Réunion Internationale fut suivie, les 27, 28 et 29 septembre, de visites d'importantes Fonderies du Nord de l'Italie, productrices de moulages en fontes à graphite sphéroïdal : la Société *Ansaldo* à Gênes, la Société *Fiat* à Turin, la Société *Vittorio Necchi* à Paris, la Société *Mario Pensotti* à Legnano et la Société *Tagliabue* à Milan.

De plus, les usines d'un très important utilisateur de moulages en fontes à graphite sphéroïdal, la Société *de Bartolomeis* à Lecco reçurent également la visite des licenciés.

L'usinage par étincelage

Nos lecteurs apprendront avec intérêt que parmi les prix décernés en 1954 par « *Ingénieurs et Techniciens* », figurait un prix doté de 30.000 francs par la *Soudure Electrique Languepin*, et destiné à récompenser les auteurs du meilleur mémoire sur « l'Usinage par étincelage ». On sait que cette firme est en France, l'un des pionniers et le plus important de cette technique. Son prix a été remis à MM. Artaud, Marjolet, Mousset et Rouilhac. Félicitons-la pour cette initiative qui ne peut que renforcer l'intérêt porté à l'usinage par étincelage.

Un film sur l'usinage automatique et semi-automatique

La *Société des Produits Hougton* a présenté le 3 novembre à ses clients et amis, réunis à la Maison de la Chimie, un film en couleurs sur l'usinage automatique et semi-automatique.

Cette présentation était précédée d'une conférence de M. Jacques Chabert, Ingénieur E.S.C.I.L., E.N.S.P., sur les lubrifiants de coupe.

M. Chabert s'attacha à montrer l'évolution actuelle des lubrifiants de coupe dont les progrès ont été parallèles à ceux des machines-outils.

Le film destiné surtout à l'Enseignement Technique explique le fonctionnement d'une machine appartenant à chacun des cinq types suivants :

— tours automatiques monobroches,
— tours automatiques multibroches,
— tours semi-automatiques,
— tours à copier,
— machine-transfert.

Ce film, d'une longueur de 400 mètres (durée 35 minutes) en kodachrome avec piste sonore, est à la disposition des Etablissements d'Enseignement Technique ou des Associations Professionnelles qui désireraient le projeter.

Institut supérieur des matériaux et de la construction mécanique

Nous donnons ci-dessous le PROGRAMME DES COLLOQUES PUBLICS DU LUNDI SUR LES TECHNIQUES DE PRODUCTION ET DE CONSTRUCTION qui auront lieu du 28 Février au 28 Mars 1955, chaque lundi à 18 h., 233, boulevard Raspail, PARIS Métro: Raspail — Tél.: DAN. 11-01.

Dates	*Conférenciers*	*Sujet des colloques*
28 *février*	W. Migurski, Ancien élève de l'Ecole Bréguet.	Méthodes de préparation et de contrôle des graphites lubrifiants.
7 *mars*	R. Cain, Ingénieur militaire de l'Armement, et M. Mirau Ingénieur ESO.	Contribution du Laboratoire Central de l'Armement à la qualification et à la mesure des rugosités superficielles.
14 *mars*	P. Bonnet, Ingénieur militaire de l'Armement.	Mise au point expérimentale des servo-mécanismes. Applications du Transitomètre.
21 *mars*	L. Deruelle, Ingénieur Militaire principal de l'Armement.	Dimensionnement des tracés (suite). Problème d'interchangeabilité dans la position des axes et des plans de symétrie.
28 *mars*	V. Pomper, Ingénieur de l'Ecole Polytechnique de Varsovie, Ingénieur-Conseil, Professeur à l'I.S.M.C.M.	Systèmes mécaniques, hydrauliques, électromagnétiques et hydro-électriques de sélection et présélection des vitesses et des avances dans les machines-outils.

Centre d'Etudes Pratiques des Techniques de Production

37, Rue Roisnère - PARIS-XVIe — KLÉ. 44-10

CALENDRIER DES STAGES PRÉVUS EN FÉVRIER 1955

A 1. Conception et dessin du produit en vue de son usinage économique, compte tenu des moyens de production existants (3 jours) 16, 17, 18 février.

D 1. Méthodes économiques d'usinage. Etude d'outillages et de montages économiques sur machines-outils pour petites et moyennes séries. Changement rapide d'outils, opérations multiples (3 jours) 21, 22, 23 février.

C 3. Fabrication économique en petites séries multiples avec cycle d'usinage court de coffrets, armoires, meubles métalliques, (armés ou non armés) 2 jours, 28 février, 1er mars.

GOLDRING SINTRONIC CARBIDES

TA5.S3
TA .S2
TE .S1
A .G2
B .G1
C .H1

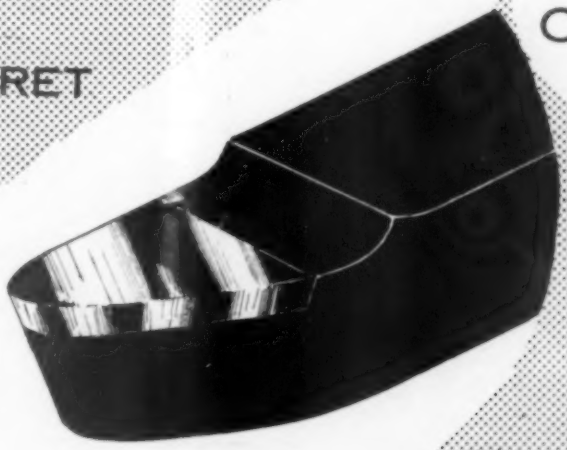
GOLDRING & Cie

10, RUE CAMILLE DESMOULINS

LEVALLOIS-PERRET

SEINE

PER.06-90



TÉNACITÉ

RÉGULARITÉ

PLAQUETTES ET OUTILS EN STOCK

Le Gérant : F. DUNOD 92, rue Bonaparte, Paris 6e — Imp. Générale du Centre, 129, r. Bergson, St-Etienne 16, rue Pigalle, Paris - (9e)
IMPRIMÉ EN FRANCE Dépôt légal 1er trimestre 1955 : Editeur n° 2731 — Imprimeur n° 3

Tous les produits et matériels pour

LE SOUDAGE, LE SOUDO-BRASAGE LE BRASAGE de l'aluminium et de ses alliages

FLUX DECAPANTS

Pour soudage autogène FLUXOTALU, flux universel.
NEUTRALINOX, ne nécessitant pas de lavage.

Pour soudo-brasage BRASALU étiquette rouge.
BRASALUNOX
NEUTRABAL, ne nécessitant pas de lavage

Pour brasage FLUX-BNC ne nécessitant pas de lavage

METAUX D'APPORT

Pour soudage autogène, oxyacétylénique et en atmosphère d'Argon. A 8 au titane, A 5, A-G 3, A-G 5, A-G 7

Pour soudo-brasage A-S 10, A-S 5
bandes A-S 10 pour soudo-brasage au four

Pour brasage targettes et baguettes BNC
Métaux d'apport spéciaux à basse température : Arbal, Alcatine, T. B. T.

ELECTRODES DE SOUDAGE A L'ARC

A 5, A-G 3, A-G 5, A-S 5, A-S 10, A-U 5 GT

MACHINE A SOUDER PAR POINTS

Capacité en cadence continue : $^{12}/_{10} + ^{12}/_{10}$ alliages légers

Matériel pour soudage : Chalumeaux • Manodétendeurs • Lunettes de soudeur • Martellerie de chaudronnerie • Machines de chaudronnerie • Outillage portatif électrique et pneumatique • Outillage coupant • Matériel de polissage •

Nos fabrications pour alliages légers :

- Machines-outils
- Outillages coupants
- Produits et matériels de soudure
- Produits et matériels de tôlerie
- Filets rapportés "HELI-COIL"
- Rivets "RIV-CLE"

O.T.A.L.U.

L'Outillage pour le Travail des Alliages Légers et Ultra-Légers

Siège Social : 23 bis, Rue Balzac - Paris

23, Bd RICHARD-LENOIR • PARIS-XIe • TÉL. VOLTAIRE 10-84

AGENCE COMMERCIALE, 68 COURS GAMBETTA - LYON - PARMENTIER 21-97